



EESTI MAAÜLIKOOL

Põllumajandus- ja keskkonnainstituut

Kelly Mölder

MAAKASUTUSTÜÜPIDE MÕJU KIMALASTE (*BOMBUS TERRESTRIS* L.) ÕIETOLMU KORJELE AEDMAASIKA (*FRAGARIA X ANANASSA* DUCH.) ISTANDIKES

THE EFFECT OF LAND USE TYPE ON BUMBLE BEE (*BOMBUS TERRESTRIS* L.) POLLEN FORAGE IN STRAWBERRY (*FRAGARIA X ANANASSA* DUCH.) FIELDS

Magistritöö

Maastikukaitse- ja hoolduse õppekava

Juhendajad: Anna Bontšutšnaja, *MSc*

teadur Reet Karise, *PhD*

professor Marika Mänd, *PhD*

Tartu 2018

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Kelly Mölder		Õppekava: Maastikukaitse ja -hooldus	
Pealkiri: Maakasutustüüpide mõju kimalaste (<i>Bombus terrestris</i> L.) õietolmu korjele aedmaasika (<i>Fragaria x ananassa</i> DUCH.) istandikes			
Lehekülgi: 52	Jooniseid: 9	Tabeleid: 1	Lisasid: 1
Osakond: Aianduse Uurimisvaldkond: 1. Bio- ja keskkonnateadused; 1.6 Põllumajandusteadus; CERCS ERIALA: B390 Taimekasvatus, aiandus, taimekaitsevahendid, taimehaigused Juhendaja(d): Anna Bontšutšnaja, Reet Karise PhD, prof. Marika Mänd Kaitsmiskoht ja aasta: Tartu, 2018			
<p>Aedmaasika tootmine on suurenenud viimase kümne aastaga. Teadaolevalt on aedmaasika saagikus ja viljade kvaliteet putuktolmeldamisest sõltuvuses. Kahjuks pärivad looduslike tolmeldajate arvukust maakasutuses toimuvad muutused, millest tulenevalt suureneb nõudlus kasutada aedmaasika tootmispõldudel lisatolmedajaid.</p> <p>Antud töö eesmärkideks on uurida aedmaasika õietolmu osatähtsust kimalaste korjes erinevates maakasutustüüpides; selgitada, millised alternatiivsed toidutaimed mõjutavad kimalaste õietolmukorjet aedmaasika õitsemisperioodil ning uurida kimalaste pere juurdekasvu erinevates maakasutustüüpides.</p> <p>Eesmärgi teostamiseks viidi 2017. aasta suvel Lõuna-Eestis viieteistkümnel avatud aedmaasika tootmispõllul läbi välikatse, kuhu viidi kaks tööstuslikult kasvatatud kimalaseperet. Katsealad valiti domineeriva maakasutustüübi järgi 1 km raadiuses ümber taru, mis määrati kasutades <i>ArcGis</i> tarkvara ning seejärel grupeeriti neljaks maakasutustüübiks: aed, heterogeene, põld, mets. Katse käigus koguti kimalaste poolt korjatud õietolmu, mille liigiline koosseis määrati hiljem laboris.</p> <p>Lõputöö tulemusena leiti, et aedmaasikas oli kimalaste jaoks atraktiivne toidutaim, kuid kimalaste kogutud õietolmu osakaal varieerus erinevates maakasutustüüpides ning kõige suurema osa kimalaste korjest moodustas aedmaasika õietolm aedades ja heterogeenses maakasutusega aladel. Konkureerivateks toiduressurssideks võib pidada liblikõieliste ja ristõieliste sugukonda kuuluvaid taimi, mille esindajate õietolmu osakaal oli võrreldes teiste taimedega märgatavalt kõrgem. Töö käigus selgus, et antud katses ei mõjutanud põllu suurus ega teised konkureerivad tolmeldajad aedmaasika õietolmu korjet. Kimalaste pere kaalude analüüsis selgus, et maakasutustüüp ja aedmaasika õietolmu korje ei mõjuta nende kaalu, kuid teiste konkureerivate tolmeldajate arv mõjutab kimalaspere juurdekasvu.</p> <p>Järeldusena võib öelda, et lisatolmeldajate kasutamine aedmaasika kasvatamisel on efektiivne erinevates maakasutustüüpides. Samas tuleb arvestada, et teised alternatiivsed toidutaimed võivad jääda kimalaste korjealasse, mis võivad mõjutada aedmaasika tolmeldamise edukust, kuid samal ajal on need olulised kimalaste perede arenguks. Kimalaste pere arengut mõjutavad samaaegselt nii toidutaimede kättesaadavus kui ka teised olemasolevad mesilaselaadsed tolmeldajad.</p>			
Märksõnad: maakasutustüüp, aedmaasikas, tolmeldamine			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Kelly Mölder		Specialty: Landscape Protection and Preservation	
Title: The effect of land use type on bumble bee (<i>Bombus terrestris</i> L.) pollen forage in strawberry (<i>Fragaria x ananaasa</i> Duch.) fields			
Pages: 52	Figures: 9	Tables: 1	Appendixes: 1
Department: Horticulture Field of research: 1. Biosciences and Environment; 1.6 Agricultural Sciences; CERCS SPECIALTY: B390 Phytotechny, horticulture, crop protection, phytopathology Supervisors: Anna Bontšutšnaja, Reet Karise PhD, prof. Marika Mänd Place and date: Tartu, 2018			
<p>The production of strawberry has increased within the last ten years. As known, the yield of strawberries and the quality of the fruits is dependent on insect pollination. The number of natural pollinators is unfortunately inhibited because of changes in land use and due to that the demand for using additional pollinators in the production fields of strawberry increases.</p> <p>The purposes of the thesis are to study the relative importance of the pollen gathering of the strawberry by bumblebees in different types of land use; to clarify which alternative food plants affect the food choice of bumblebees in the flowering period of strawberries and to study if and how the types of land use support the growth of the bumble bee colonies.</p> <p>In this purpose, a field experiment was carried out in Southern Estonia in the summer 2017 on fifteen open condition strawberry production fields. On each field two industrially bred bumblebee families were taken. The areas of the experiment were chosen by dominating plant communities within 1 km radius around the hive, which was determined by using the <i>ArcGis</i> software and then grouped into four types of land use: garden, heterogeneous, field, forest. During the experiment, pollen collected by bumblebees was gathered and its composition of species was later determined.</p> <p>As a result of the thesis, it was found that the strawberry was an attractive food plant for the bumblebees and was equally visited in all types of land use. However the pollen of the strawberry formed the greatest part in gardens and heterogeneous habitats. The Leguminosae and Cruciferae families can be considered as possible competing food resources as the pollen share of their representatives was significantly higher than the share of other plants. It was found in the experiment that the collection of strawberry pollen was not affected by the size of the field. Colony weight growth did not depend on the land use type nor the proportion of strawberry pollen gathered, however it depended on the abundance of competing pollinators.</p> <p>As a conclusion it can be stated that the usage of additional pollinators in the cultivation of strawberries is effective in different types of land use. It has to be considered that other alternative food plants available in foraging radius of the bumblebees may affect the strawberry pollination, however in turn supports bumblebees during the flowering period and at the same time can also cause competition on food plants.</p>			
Keywords: type of land use, strawberry, pollination			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE.....	7
1.1 Tolmeldamine	7
1.2 Kimalased tolmeldajatena	8
1.3 Atraktandid ja õite valik	11
1.3.1 Nektar	11
1.3.2 Õietolm	12
1.3.3 Õite värvus	12
1.3.4 Õite lõhn	13
1.3.5 Õite suurus ja kuju	13
1.4 Aedmaasikas	14
1.4.1 Aedmaasika kasvatamine	15
1.4.2 Aedmaasika morfoloogia, füsioloogia	15
1.4.3 Aedmaasika sordid	17
1.4.4 Aedmaasika tolmeldamise vajalikkus	18
1.5 Maastiku mõju korjele	19
1.5.1 Agroökosüsteemid.....	20
1.5.2 Poollooduslikud biotoobid	21
2. MATERJAL JA METOODIKA.....	23
2.1 Aeg ja koht.....	23
2.2 Katses kasutatud tolmeldajad.....	26
2.3 Õietolmu kogumine	26
2.4 Pesa juurdekasvu hindamine.....	26
2.5 Konkureerivate tolmeldajate hulga määramine	27
2.6 Õietolmuproovide ettevalmistamine.....	27
2.7 Õietolmu määramine.....	28
2.8 Statistiline andmetöötlus	28
3. TULEMUSED	29
3.1 Kimalaste kogutud õietolmu liigiline koosseis	29
3.2 Alternatiivsete toidutaimede õietolmu osakaal erinevates maakasutustüüpides	30
3.3 Aedmaasika õietolmu osakaal sõltuvalt põllu suurusest.....	31
3.4 Aedmaasika õietolmu korje sõltuvalt konkureerivatest tolmeldajatest	33
3.5 Kimalaste tarude kaalu juurdekasv sõltuvalt maakasutustüübist, aedmaasika õietolmu korjest ja konkureerivatest tolmeldajatest.....	34
4. ARUTELU JA JÄRELDUSED.....	36
KOKKUVÕTE	41
KASUTATUD KIRJANDUS	43
LISAD	51

SISSEJUHATUS

Maailmas leidub ligikaudu 87% taimi, mis vajavad edukaks paljunemiseks tolmeldajate abi ning nendest ~1500 põllukultuuri on selliseid, mis vajavad ainuüksi putuktolmeldamist (Hanley *et al.* 2015: 124). Aedmaasikas (*Fragaria x ananassa* Duch.) on üks levinumaid marjakultuure maailmas, mille kasvatus on jätkuvalt tõusvas tendentsis. Korralik tolmeldamine on viljastumiseks vajalik (Klatt *et al.* 2014: 1; FAOSTAT 2018), kuna parandab omakorda aedmaasika viljade kvaliteeti ning tõstab nende kaubanduslikku väärtust.

Paraku on aga looduslike esinevate tolmeldajate arvukus maailmas langevas trendis, mis on tingitud peamiselt põllumajanduse intensiivistumisest (Carvell *et al.* 2017: 1; Viik, Mänd 2012: 6). Sellest tulenevalt väheneb looduslike, ja poollooduslike alade pindala, põhjustades omakorda ökosüsteemides olevate taimeliikide ja elupaikade kadumist (Marja *et al.* 2018: 3; Magrach *et al.* 2017: 62) ning mõjutades negatiivselt looduslikult esinevaid tolmeldajaid. Negatiivne mõju avaldub selles, et sealsed looduslikud kooslused pakuvad neile elupaika ja rikkalikult toiduressurssi ning lisaks sellele on osad tolmeldajad evolutsiooniliselt arenenud koos looduslikelt esinevate taimeliikidega, mistõttu on neil vajalikud oskused, kuidas taimi käsitleda (Marja *et al.* 2018: 15; Hatfield *et al.* 2012: 11). Lisaks sellele toob tolmeldajate arvukuse langus kaasa negatiivse mõju põllukultuuridele, vähendades nende saagikust. Aedmaasikas on tolmeldajate jaoks küll atraktiivne toiduallikas, kuid õite lihtsuse tõttu on see kõigile kättesaadav (Riis, Karise 2015: 83), mistõttu võivad nad konkurentsi vältimiseks aktiivselt külastada ka teisi samal perioodil õitsevaid taimi. Piisava tolmeldamise tagamiseks on kasutusele võetud tööstuslikult kasvatatud kimalaste pered, keda tänapäeval kasutatakse lisatolmeldajatena ka avatud põldudel (Grünwald 2010: 61). Kimalaste kui lisatolmeldajate kasutamine aedmaasika kultuuri puhul võib olla põllumeestele üks võimalikest lahendustest, kuidas parandada viljade kvaliteeti ja saagikust.

Lisatolmeldajate kasutamine avatud maastikus on väga regioonispetsiifiline ning seetõttu on just kohalikul tasandil teostatud uurimistööd vajalikud, et anda kasutajatele konkreetseid ja toimivaid soovitusi. Kuigi uurimustöid aedmaasikaga samal ajal õitsevate võimalike

alternatiivsete korjetaimede uurimise osas on juba tehtud (Kera 2014, Dreyersdorff 2013), ei ole ükski neist uurinud, kas ja kuidas mõjutavad lisatolmeldajateks ostetud kimalaste korjekäitumist ja perede arengut erinevad maakasutusviisid. On teada, et tolmeldajate perede areng on tihedalt seotud kättesaadavate toidutaimede hulga ning põllumajandusintensiivsusega (Magrach *et al.* 2017: 62; Williams *et al.* 2012: 1049).

Käesoleva magistritöö eesmärkideks on: 1) uurida aedmaasika õietolmu osatähtsust kimalaste korjes erinevates maakasutustüüpides, 2) selgitada, millised alternatiivsed toidutaimed mõjutavad kimalaste õietolmukorjet aedmaasika õitsemisperioodil, 3) uurida kimalaste pere juurdekasvu erinevates maakasutustüüpides.

Töös püstitatud hüpoteesid on järgmised: 1) aedmaasikas on piisavalt atraktiivne taim kimalastele, 2) erinevatest maakasutustüüpidest ümbritsetud aedmaasika istandikesse viidud kimalased koguvad aedmaasika õietolmu erinevalt, 3) aedmaasika põllu suurus mõjutab aedmaasika õietolmu osakaalu kimalaste korjes, 4) erinevates maakasutustüüpides esinev toidutaimede valik ja konkureerivate tolmeldajate hulk mõjutavad kimalaste pere arengut.

Soovin tänada oma põhijuhendajat, Anna Bontšutšnaja't, kes abistas töö vältel tekkinud küsimuste korral ning jagas omapoolseid nõuandeid. Samuti tänan oma lõputöö kaasjuhendajaid, Reet Karise't ja Marika Mänd'i, kes andsid omapoolseid näpunäiteid ning aitasid jooksvates küsimustes. Tänan ka Gabriela Kovacs'i, kes abistas kaardipiltide kujundamisega. Väga tänulik olen ka aedmaasika kasvatajatele, kes meil lahkelt oma põldudel töötada lubasid. Käesolevat uurimistööd rahastas Haridus- ja teadusministeerium (IUT36-2).

1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

1.1 Tolmeldamine

Tolmeldamine tagab bioloogilise mitmekesisuse, suurendab paljude põllukultuuride saagikust ja parandab kvaliteeti (Nayak *et al.* 2015: 58), läbi geneetilise mitmekesisuse leevendab see osaliselt kehvale kasvutingimuste mõju. Enamik värsketest marjadest, köögi- ja puuviljadest ning pähklitest on toodetud tolmeldajate kaasamisega (Garratt *et al.* 2014: 34). Levinumad looduslikud tolmeldajad mesilaslaadsete ülemsugukonnast on parasvöötme piirkondades erakmesilased, kimalased ning *Syrphoidea* ülemsugukonna esindajad sirelased, majandatud liikidest on kõige arvulisemad meemesilased (Hanley *et al.* 2015: 124). Ökoloogilisest vaatepunktist on nad omandanud väga suure majandusliku tähtsuse. 2017. aasta hinnanguline tolmeldajatelt saadud majanduslik kasum maailmas oli 153 mld eurot aastas (Majewski 2017: 193).

Tänapäeval on tolmeldajate arvukus globaalsel tasandil langevas trendis (Carvell *et al.* 2017: 1). Selle põhjuseks on nimetatud mitmeid tegureid, olulisemad neist on põllumajanduse intensiivistumine koos maakasutuse muutustega, mis põhjustab elupaikade killustamist ja pesitsemiskohtade, varjupaikade ning toiduressursside kadu, aga ka suurenenud pestitsiidide kokkupuude. Lisaks sellele mõjutab tolmeldajate arvukust veel ka ilmastik, haigused, parasiidid, võõrliigid, kiskjad kui ka kliimamuutus (Viik, Mänd 2012: 6; Goulson 2010: 186). Kuna looduslikult esinevate tolmeldajate arv või tihedus võib jääda väikseks, et tagada kaubandusliku taimekasvatuse efektiivne tolmeldamine, kombineeritakse tööstuslikult toodetud ning looduslikult esinevaid liike, mis võimaldab säilitada bioloogilise mitmekesisuse ning ökosüsteemi stabiilsuse (Potts *et al.* 2016: 220; Grünewald 2010: 61;). Siinjuures võib tööstuslikult toodetud tolmeldajate kaasamine tuua kaasa ka mõned riskid. Näiteks võib esineda konkurents toidu suhtes, ristumine looduslike liikidega, parasiitide levik, mis võivad osutada kohalike populatsioonide seas lisanduvateks stressiallikeks (Graystock *et al.* 2014: 2; Whitehorn *et al.* 2013: 150).

1.2 Kimalased tolmeldajatena

Kimalaste (*Bombus*) perekond kuulub kiletiivaliste (*Hymenoptera*) seltsi, mesilaselaadsete ülemsugukonda (*Apoidea*), mesilaste (*Apidae*) sugukonda (Myers *et al.* 2017). Kimalased on rahvapäraselt tuntud kui maamesilased, metsmesilased ja kumalased. Teadaolevalt leidub maailmas üle 250 liigi kimalasi, neist 66 liiki võib kohata Euroopas. Eestis looduslikult leidub 28 liiki kimalasi, neist 21 kuuluvad päriskimalaste hulka ning 7 liiki kägukimalaste alla (Viik, Mänd 2012: 2).

Parasvöötimest pärinevad kimalased on võimelised korjel käima ka külma ilmastiku korral (alates 5 °C), kasutades selleks lennulihasid, mis võimaldab neil oma kehatemperatuuri kontrollida. Tänu oma suurusele, tihedale karvastikule ning neile omase soojendamise mehhanismi tõttu võib neid korjel näha isegi siis, kui on vihmane, pilves või tuuline ilm (Hamdan 2015: 85; Goulson 2010: 13-14). Kimalased taluvad ka kõrgemaid õhutemperatuure, kuid mitte üle 26°C, mis võib osutada neile liiaks. Seetõttu võib neid kohata kuumade ilmade esinemise korral oma korjelende sooritamas kas varahommikul või hilisõhtul (Viik, Mänd 2012).

Kimalasi on võimalik tööstuslikult kasvatada ja toota, mistõttu saab neid kasutada ka lisatolmeldajatena. Tegemist on ääretult efektiivsete tolmeldajatega ning nende tolmlemisteenust on võimalik kasutada nii kasvuhoonetes kui ka avamaastiku kultuuride jaoks (Horth, Campbell 2017: 597; Sapir *et al.* 2017: 108). Samas tuleks põllukultuuride kasvatamisel arvestada, et ümbritsevas keskkonnas oleks säilitatud loodusliku päritoluga taimeliike, mis muudab mitmekesisema maastiku atraktiivsemaks tolmeldajatele (Williams *et al.* 2015: 2125-2127). Samuti teeb kimalastest head tolmeldajad ka nende käitumismuster. Nimelt koguvad kimalased rohkem õietolmu kui nad ise seda tarbida suudavad, kuna õietolm on oluline toiduallikas kimalaste vastsetele.

Esimesed tööstuslikult toodetud kimalaste kolooniad võeti kasutusele alates 1980. aastast, mil neid hakati kasutama kasvuhoonetes tomati ja teiste kasvuhoone kultuuride tolmeldamise eesmärgil (Ahmad *et al.* 2015: 1279). Kõige levinum tolmeldamise jaoks kasutatav kimalase liik Euroopas on *B. terrestris* L. ning Põhja- ja Kesk-Ameerikas *B. impatiens* (Cresson.). Nende kasutamise efektiivsus tuleneb sellest, et nende kasvatamine ja käitlemine on lihtne ning neid saab aastaringelt transportida (Kraus *et al.* 2011: 187).

Kimalastel on omane koguda toitu ühe korjelennu jooksul kahelt-kolmelt taimeliigilt. Selleks vajavad nad õitsvate taimedega ala, mis nende eelistuste kohaselt võivad olla näiteks rapsi või lutserni põllud. Samas on tegemist lühikese õitsemisperioodi kultuuridega, mistõttu on vajalik, et lennuajal leiduks ka looduslikke esinevaid toidutaimi (Viik, Mänd 2012: 4). Kimalaste toidutaimede eelistused kujunevad välja töölikimalaste eluaja jooksul (paar nädalat). Selle aja jooksul koguvad nad informatsiooni taimede asukohta kohta, taime poolt pakutavast tasust ning taime käsitlemise võimalustest (Goulson 2010: 124). Nad eelistavad tavaliselt suuremaid ja tasuvamaid alasid, vältides vähem tasuvamaid piirkondi (Fouks *et al.* 2014: 4).

Kimalased on kiire õppimisvõimega ning seetõttu on nad võimelised leidma endale tasuvamaid taimi (Raine, Chittka 2012: 2). Viimast väidet toetavad Fouks *et al.* (2011: 6) tulemused, et kimalased suudavad edukal korjelennul käinud teistelt kimalastelt saada informatsiooni tasuvate taimede kohta, lisaks saavad korjel käinud kimalased jätta pesakaaslastele külastanud õitele paigutatud feromoon signaale taimede kvaliteedi kohta. Pärast lahkumist taimelt, uurivad kimalased värskest avastatud taimi põhjalikult, enne kui maanduvad uutele õitele. Selline strateegia võimaldab kimalastel leida kiiremini kvaliteetset ressursi (Lihoreau *et al.* 2016: 1).

Kimalaste toidueelistusi mõjutab ka nende suiste -ja õieputke pikkus, kuna nendest kahest tegurist oleneb kättesaadava nektari kogus. Seega liigiti võivad kimalaste korje eelistused erineda (Viik, Mänd 2012: 9). Kimalased klassifitseeritakse lühi, keskmise ja pikasuiseliseks, *B. terrestris* võib paigutada esimesse gruppi (Redhead *et al.* 2016: 728; Viik, Mänd 2012: 9). Lühikeste suistega kimalased ei tolmelda korralikult näiteks punast ristikut ja põlduba (Viik, Mänd 2012: 9, 26), kuid suudavad efektiivselt tolmeldada taimi, mis on avatud struktuuriga õitega (Hatfield *et al.* 2012: 5), näiteks aedmaasikat.

Kimalaste tolmeldamise piiravaks teguriks on nende ühe-aastane elutsükel, aga ka üsna tagasihoidlik pere arvukus (Hamdan 2015: 85). Kimalase pere suurus on tavaliselt arenenud välja kesksuueks, mis tähendab seda, et aedmaasika õitsemisperioodil mais-juunis on looduslike töökimalaste hulk liiga väike, et tagada selle efektiivne tolmeldamine (Viik, Mänd 2012: 3-4, 10). Ressursside kättesaadavus on kriitiline tegur, mis määrab populatsioonide dünaamika ruumis ja aja jooksul. Toidutaimede paigutus maastikul on kimalaste jaoks olulise tähtsusega eeskätt seetõttu, et kaugemal asuvad kvaliteetsemad toidutaimed tekitavad neile suurt energiakadu, kuna kaugemale lennates kulub kimalastel

rohkem energiat. Samas on ressursside kättesaadavus kogu hooaja vältel ajaliselt erinev, mistõttu võivad kimalased toidutaimede leidmiseks sooritada pikemaid lende (Williams *et al.* 2012: 1049) kui nende keskmine korjeraadius (1km). Kimalaste pere aktiivse töötamise kestvus sõltuvalt liigist on 8-12 nädalat (Hamdan 2015: 85).

Kimalaste korjeterritooriumi kaugus võib liigiti erineda, mis on seotud nende kolooniate suuruse ja kehamõõtmetega (Herbertsson *et al.* 2016: 610). *B. terrestris* kuulub nende liikide alla, kes suudavad vajadusel läbida pikki vahemaid (Goulson 2010: 95). Nad suudavad oma korjeterritooriumi kaugust kohandada vastavalt ressursside kättesaadavusele, muutes oma toidutaimede eelistusi või vahetades toitumisala (Ogilvie, Forrest 2017: 78). Zurbuchen *et al.* (2010: 672) uurimuse kohaselt leiti, et *B. terrestris* on võimeline lendama koguni 9,9 km kaugusele. Samas arvatakse, et suuremad energia- ja ajainvesteeringud, mida kulutatakse pikematele vahemaadele toiduressursside otsimiseks, mõjutavad negatiivselt mesilaselaadsete reproduktiivse eluea jooksul tekkivat järelkasvu (Zurbuchen *et al.* 2010: 669-670).

Goulsoni (2010: 86) järgi on kimalastel kujunenud välja strateegia, mistõttu nad eelistavad korjelende sooritada võimalikult pesa läheduses (50 – 100 m), mis võib olla tingitud sellest, et üritatakse vältida sissetungijaid või hoida kokku energiat. Samas Ogilvie ja Forrest (2017: 78) uurimuse kohaselt tõdetakse, et töökimalased võivad korjelende sooritada vähem kui 100 m kauguselt oma pesast või lennata koguni mitmeid kilomeetreid. Korjeterritooriumi ulatuse laienemine on üldjuhul tingitud sellest, et toidutaimede valik pesa läheduses on piiratud koguses või taime õie-rikkus on madal, mistõttu külastavad nad liigivaeseid põllukultuure. Hagen *et al.* (2011: 7) ning Holzschuh *et al.* (2016: 1230) uuringute kohaselt on kõige optimaalsem kimalaste korjeraadius 1 km, mida peetaksegi kimalaste keskmiseks korjeterritooriumiks.

1.3 Atraktandid ja õite valik

Kimalased toituvad taimede nektarist ning õietolmust kogu oma elutsükli vältel ning eelistavad neid taimi, mis annavad neile maksimaalselt energiat, et tasakaalustada kaotatud energiahulka, mis neil kulus taimede külastamiseks (Balfour *et al.* 2013: 327). Erinevalt mesilastest ei varu kimalased suures koguses endale toitu, mistõttu on nende pesakonna tootmiseks vajalik, et ressursid oleksid pidevalt kättesaadavad (Ogilvie, Forrest 2017: 77). Taimede valiku eelistusi mõjutab eelkõige õietolmu ja nektari kvaliteet (Bertazzini, Forlani 2016: 1; Ruedenauer *et al.* 2015: 2233). Kimalaste korjekäitumist mõjutab eeltoodud komponentidele veel ka taimede lühi- või pikaealisus, putke pikkus, nektari kogus ja ilmastikutingimused (Bertazzini, Forlani 2016: 8; Sanderson *et al.* 2015: 271; Hatfield *et al.* 2012: 11). Siinjuures mitmeaastased taimed annavad neile suurema ja kvaliteetsemas koguses nektarit (Hatfield *et al.* 2012 :11). Mitmeaastaste taimede hulka kuuluvad näiteks liblikõielistest (*Fabaceae* Mill.) valge ristik (*Trifolium repens* L.) ja seahernes (*Lathyrus* L.), korvõielistest (*Asteraceae* Bercht, Presl.) raudrohi (*Achillea millefolium* L.), võilill (*Taraxacum officinale* L., Weber, Wigg.) ning huulõielistest (*Lamiaceae* L.) valge iminõges (*Lamium album* L.).

Taimed kasutavad erinevaid manipuleerimisvõtteid putukate suhtes, et tagada paljunemist ja jätkusuutlikust ning vältides isetolmlemisest tulenevaid probleeme (Moyroud, Glover 2016: 232-353). Lisaks sellele on risttolmlemise korral entomofiilsetele taimedel viljastumise aste kõrgem ning viljastumise kvaliteet parem kui isetolmlemisel (Libek, Eskla 2012: 19). Koeevolutsiooni teel jõudsid taimed putukatega koostööni, meelitades neid ligi õite värvuse ja nektarirohkusega, sundides külastama ainult ühe ja sama liigi õisi (Goulson 2010: 113).

1.3.1 Nektar

Nektar on vee ja süsivesikute (glükoosi, fruktoosi ja sahharoosi) allikas. Õites olev nii vee- kui ka suhkrute sisaldus võib varieeruda vastavalt keskkonnatingimustele ning erineb liigiti, vanuseti ja oluliselt sõltub ilmastikust (Ruedenauer *et al.* 2015: 2233; Nicolson 2011: 198; Goulson 2010: 134). Näiteks niiske ilma korral on suhkru kontsentratsioon nektaris madal ning selleks, et pere vajadused saaksid rahuldatud, tuleb kimalastel aktiivsemalt korjel käia

(Mänd *et al.* 2016: 35). Tolmeldajate arengutegevuse jaoks vajaliku toiduressursi valimisel mängivad taime õite külastamisel rolli nektari suhkru koostis, maht ning kontsentratsioon. Vaudo (2015: 133) uuringu põhjal saadi, et kimalastele on atraktiivsemad need õied, mis on kõrge suhkrusisalduse, suurema nektari tootlikkuse ning kõrgema kontsentratsiooniga. Goulson (2010: 29-31) toob välja, et suurema kehamassiga kimalased on paremad toidu hankijad, kuna nad suudavad koguda suuremas koguses nektarit, kuid samas on kaheldav, kas suurem kehamass kaalub üle selle, kui palju energiat nad vajavad kasvukulude hüvitamiseks. Lisaks sellele võib suurem kehamass ja suuremad silmad anda neile eelise toiduotsingul. Nimelt suurendada nende nägemisteravust, mis võimaldab neil omakorda leida kiiremini tasuvamaid toiduressursse.

1.3.2 Õietolm

Õietolm pakub proteiine, aminohappeid, lipiide, vitamiine kui ka mineraale, mis on vastsete kasvamiseks hädavajalikud ning mistõttu on kimalaste jaoks oluline, et tegemist oleks kvaliteetse ressursiga. (Nicolson 2011: 197). Õietolmu madal valgusisaldus võib täiskasvanud kimalastele mõjuda kahjulikult, mõjutades nende füsioloogiat ja takistada paljunemist ning nõrgestades immuunsust (Vaudo *et al.* 2017: 3962). Näiteks taime madala toiteväärtuse tõttu võib vähendada kimalaste vastupanujõud pestitsiidide ja haiguste vastu. Korjatava õietolmu koguse määrab rohkem aminohapete sisaldus õietolmus kui taimes leiduvad valgud. Tavaliselt jääb proteiinide sisaldus taime õietolmus 2-60% ning lipiidide sisaldus jääb alla 10% juurde (Nicolson 2011: 197, 199-200).

1.3.3 Õite värvus

Kimalased suudavad taimi eristada spetsiifiliste signaalide abil nagu näiteks lõhn, värvus, suurus, kuju, muster ja muude omaduste põhjal (Leonard *et al.* 2013: 1; Goulson 2010: 132, 135). Nad eelistavad enamasti siniseid, violetteid ja kollaseid õisi (Yadav *et al.* 2016: 65; Hatfield *et al.* 2012: 11). Punase õievärvusega õisi kimalased tavaliselt ei tolmelda, sest nad on sisuliselt selle värvi suhtes pimedad. Välja arvatud juhul kui kroonlehtede peal on

paigaldatud kimalaste poolt talutavas UV kiirguses nähtavaid nektarijuhiseid (Hatfield *et al.* 2012: 11). Taime muster võib soodustada samuti kimalase maandumist õitele ning nektari kiiremat avastamist. Leonard jt (2013: 2-3) katses selgus, et mustriga taimi külastasid kimalased rohkem kui ilma mustrita.

1.3.4 Õite lõhn

Kimalased saavad informatsiooni edukalt korjelenult saabunud kimalastelt, kes vabastavad feromoonide ja kellel on omapärane käitumismaneer. Nimelt kui korjelt saabunud töökimalane saabub pessa, hakkab ta pesa pinnal elevalt tiibu pöristades ringi lendama ning müksab vastu teisi. Selline feromoonide ja käitumise kombinatsioon stimuleerib teisi töölisi korjele minema ja otsima tasuvaid taimi (Goulson 2010: 137). Juhul kui neil puudub isiklik informatsioon ümbritsevate õievarude kohta või taimede uurimine muutub kulukaks, loodavad nad toiduressursside valimisel sotsiaalsetele vihjetele (Avarguès-Weber *et al.* 2018: 209). Üheks toiduotsingut soodustavaks teguriks on lõhn, millega õied putukaid ligi meelitavad. Samas võib lõhn olla kas ligimeelitav või eemaletõukav. Näiteks mõned taimeliigid toodavad soovimatute külaliste vältimiseks alarmferomoonide, teised liigid meelitavad tolmeldajaid ligi sugu või agregeerivate feromoonidega (Schiestl, Johnson 2013: 308).

1.3.5 Õite suurus ja kuju

Taimede suurust arvestades, eelistavad kimalased külastada suuremaid õisi (õiekrooni laiust), kuna nad sisaldavad üldjuhul rohkem nektarit ning on silmatorkavamad kui väiksemad õied (Krizek, Anderson 2013: 1428; Goulson 2010: 132). Kimalased eelistavad sümmeetrilisi kujundeid, mille abil nad suudavad välja selgitada, kas tegu on tasuva või vähem tasuva toiduallikaga (Goulson 2010: 134).

1.4 Aedmaasikas

Aedmaasikas (*Fragaria x ananassa* Duch.) on maailmas laialdaselt levinud viljakultuur, mille kogusaak on viimase viiekümne aasta (1967-2016) jooksul suurenenud. FAOSTAT-i (2018) andmetel oli aedmaasika kasvupinnaks 401 862 hektarit ja kogutoodanguks 9 118 336 tonni, millest 18,3% moodustas Euroopa kogutoodang. 2016. aasta seisuga oli maailma suurimateks aedmaasika tootjateks Hiina, USA ja Mehhiko ning Euroopas Hispaania, Poola ja Saksamaa. Eestis oli samal aastal aedmaasika kasvupind 565 hektarit ning kogutoodanguks oli 1,3 tonni (FAOSTAT 2018). Statistikaameti andmetel oli 2016. aasta viljasaak kõige suurem Lõuna-Eestis – Tartu, Valga ning Põlva maakonnas.

Viimase kümne aasta põhjal statistikat vaadates on näha, et aedmaasika tootmine maailmas oli kasvavas trendis. Kuid vaadates 2007-2010. aastate aedmaasika kasvupindala, on näha, et sel perioodil on see languses (FAOSTAT 2018), mis arvatavasti on seotud turul toimuvate muutustega. Sel perioodil oli maailmas majanduslangus, mis oletatavasti põhjustas turul nõudluse vähenemist.

Aedmaasikas sisaldab kõrge väärtusega toitainelisi ühendeid, sealhulgas mineraale, vitamiine, toiduvalke ning nende polüfenoolsete fütokeemiste aineid (flavonoidid, fenoolhapped, lignaanid ja tanniinid). Samuti omab vili märkimisväärset toiteväärtust, mis on korreleeritud C-vitamiini, folaatide ja fenoolsete koostisosade kõrge tasemega (Giampieri *et al.* 2013: 448). Sellest tingitult avaldab aedmaasika tarbimine inimese tervisele kasulikku mõju. Näiteks aitab aedmaasika viljade tarbimine ennetada oksüdatiivset stressi, põletikku, südame-veresoonkonna haigusi, teatud tüüpi vähivorme, neurodegeneratsiooni, 2. tüüpi diabeeti kui ka rasvumist (Giampieri *et al.* 2011: 9, 14).

Lisaks sellele selgus Crecente-Camo *et al.* (2012: 23) uuringus, et aedmaasika viljade söömine võib aidata vältida katarakti moodustumist kui ka kroonilist obstruktiivset kopsuhaiguse teket. Samas sõltub polüfenoolide mõju tervisele tarbivast kogusest. Siin kohal tuleks arvestada, et taimede polüfenoolide sisaldust võivad mõjutada mitmed tegurid, näiteks genotüüp, küpsusaste, keskkonnafaktorid kui ka töötlemine ja säilitamine (Crecente-Campo *et al.* 2012: 23-24).

1.4.1 Aedmaasika kasvatamine

Aedmaasika kasvatamisega võib ilmned ka hulk erinevaid probleeme, millega tuleks istandike rajamisel arvestada (Akula, Ravishanker 2011: 1720). Olulist rolli aedmaasika saagi kujunemisel mängib kasvatamisviis ja keskkond, haigused, kahjurid ning ilmastikuolud (valgus, tuul, õhutemperatuur, sademed). Kasvukoha valiku puhul tuleks arvestada sealse piirkonna mullastikuga (Libek, Eskla 2012: 80-84).

Saagi kujunemist oluliselt mõjutab valguse kättesaadavus. Valguseküllastes kohtades on aedmaasika taimede areng aktiivsem ning tulemuseks on suuremad ja kvaliteetsemad ning parema biokeemilise koostisega viljad (Choi *et al.* 2015: 22). Valgustustingimuste parandamiseks ja ka haiguste ning kahjustuste piiramiseks tuleks taimi hõredamalt istutada ning hoida istandikud umbrohu vabana. Tuule mõju saagi kujunemisele võib olla kas positiivne või negatiivne. Positiivselt mõjutab tuul saaki sademeterikkal ajal, mil kuivatab maasikapuhmikud kiiremini, vähendades seenhaiguste teket ning parandades koristustingimusi. Teisalt võib tuul põhjustada näiteks õisikute ja viljade rebimise, kuivatada emakasuudmeid või häirida putuktolmeldajate korjelende. Lahendusena tuleks abiks looduslikke tuuletõkete loomine (Libek, Eskla 2012: 82-83). Samas tasub meele pidada, et mitmed aedmaasika sordid on vähemalt osaliselt tuultolmeldajad (Klatt *et al.* 2014: 1), nagu näiteks Eestis sageli kasvatatav sort 'Sonata'.

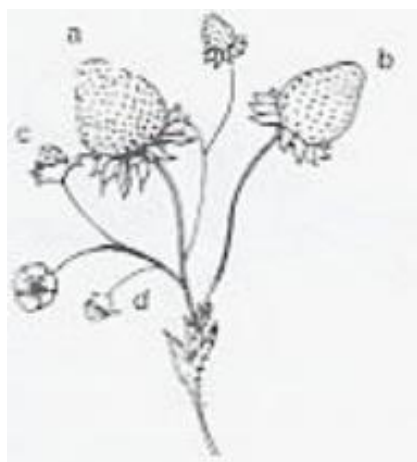
Lisaks sellele võivad aedmaasika saagi kujunemist mõjutada ka kevadised öökülmad. Taimede külmumise oht võib tekkida ka hilissügisel (lume puudumisel) kui ka talvel, mil külm ja sula vahelduvad (Uleberg *et al.* 2017: 148-149). Saagi kujunemist mõjutab ka sademete hulk. Kui sademete hulk on väike, siis see pärsib lehtede kasvu ning viljade arenemist. Samas kõrge sademete hulk saagi valmimise ajal, soodustab seenhaiguste teket ja levikut, piirab saagi korrastustöid ning muudab viljade kvaliteeti (Libek, Eskla 2012: 80-82).

1.4.2 Aedmaasika morfoloogia, füsioloogia

Aedmaasikas on mitmeaastane rohtjas taim, mis kuulub roosõieliste (*Rosaceae*) sugukonda, maasika (*Fragaria* L.) perekonda ning mis on arenenud vabal ristlusel virgiinia (*F.*

virginiana Duch.) ja tšiili (*F. chiloensis* Ehrh.) maasikate vahel (Darnell *et al.* 2003: 326). Esimese aedmaasika hübriidi avastas aednik Philipp Miller 1759. aastal Inglismaal (Ilus 1988: 10).

Aedmaasika õisik on sisuliselt muundunud vars, mis moodustub 3 – 3,5 nädala jooksul. Tugevama õisikuarre ladvapungast areneb esimese järgu õis ning õisikuarre külgpungadest võivad moodustuda kuni 3 õisikuvart, millel moodustuvad teise järgu õied. Õied õisikus puhkevad erinevatel aegadel, algselt puhkevad esimese järgu õied, mille vili on kõige suurem ja seejärel avanevad II, III, IV astme järgu õied (joonis 1), mille iga järgnev vili on eelmise järgust väiksem (Ilus 1988: 23-24; Libek, Eskla 2012: 20). Juhul kui esimese järgu õis hävines näiteks külma tõttu, siis järgnevatest õitest ei moodustu kunagi nii suurt vilja, kui oleks arenenud esimese järgu õisikust (Libek, Eskla 2012: 20).



Joonis 1. Aedmaasika vilja kobar. a) esimese järgu õis b) teised järgu õis c) kolmanda järgu õis d) neljanda järgu õis (Poling 2012: 6).

Õiepungade moodustamisel mängib olulist rolli temperatuur, päeva pikkus kui ka mulla niiskusesaste. Teisisõnu, kui õhutemperatuur langeb 12 °C (või madalamale), päeva pikkus lüheneb 10-12 tunnini ning kui muld on parajalt niiske, siis õiepungade areng on soodne. Eestis algab õiealgmete eristumine augusti lõpul või septembri alguses (Ilus 1988: 22). Esineb ühe ja kahesuguliste õitega sorte, kuid enamik taimedest on siiski kahesugulised (ühes õies on emakad ja tolmukad), näiteks võib sellise sordi alla klassifitseerida aedmaasika sordi 'Sonata'. Ühesugulistel sortidel on emakad arenenud normaalselt ning nende tolmukad

on tugevasti taandarenenud, kuid nad viljastuvad enda õietolmuga hästi, selliseks sordiks on näiteks 'Polka'. Sordisese tolmlamise miinuseks on see, et nende viljastumise aste on üldjuhul madalam kui sortide vahelisel tolmeldamisel. Seetõttu on sordisisesel tolmlamise tulemuseks väiksem saak ning puudulikust tolmeldamisest tingitud deformeerinud viljad. Sel põhjusel on mõistlik kasvatada erinevaid sorte ning kasutada lisatolmeldajaid (Ilus 1988: 25; Libek, Eskla 2012: 19). Aedmaasika viljad valmivad juunis-juulis. Aedmaasika kasvatamisel tuleks arvestada sellega, et viljad ei valmi samaaegselt, kuna sortide valmimisajad on erinevad (Libek, Eskla 2012: 19, 29-30).

Aedmaasikat on optimaalne ühel põllul kasvatada 3-6 aastat, mis on tingitud sellest, et pärast kolmandat aastat algab aedmaasika saagi kui ka viljade kvaliteedi langus, mistõttu oleks mõistlik istandike uuendamine ja kasutada näiteks aedmaasika tütaraimi ehk frigotaimi (Libek, Eskla 2012: 20, 80). Frigotaimede eeliseks on nende külmakindlus ning seetõttu on nende kasutamine muutunud võrreldes värskete taimedega (uute kasvude istutamisega) ülekaalukamaks. Pärast istutamist on võimalik frigotaimedelt saada juba istutamise aastal väikeses koguses saaki, see võimaldab põllumeestel saagi hooaega pikendada (Samuoliene *et al.* 2010: 99).

1.4.3 Aedmaasika sordid

Aedmaasika sordid võib grupeerida kolme rühma, milleks on varajased/varasepoolsed, keskvalmivad ning hilisepoolsed/hilised sordid. Varajased/varasepoolsed sordid valmivad alates juuni III dekaadist ning sellised sordid on näiteks 'Honeoye' ja 'Polka', keskvalmivad sordid valmivad alates juuli I dekaadist ning sinna alla klassifitseeritakse näiteks 'Elsanta' ja 'Sonata'. Hilisepoolsemate/hiliste sortide valmisaega peetakse alates juuli 2. viisipäevakust ning sinna rühma võib panna näiteks 'Bounty', 'Florence' sordid (Libek, Eskla 2012: 29-30).

Aiandusliidu puuviljakomisjoni (2018) andmetel on seitse aedmaasika sorti, millele on antud kasvatussoovitused, mis sobivad nii koduaedades või ka ärilisel eesmärgil kasvatamiseks. Nende sortide hulka kuuluvad näiteks varajastest/varasepoolsedest 'Honeoye' ja 'Polka' sordid, keskvalmivatest 'Sonata' ning hilisepoolsedest/hilistest sortidest 'Senga Sengana'.

Eestis kasvatatakse rohkem varasemapoolseid sorte, mis on tingitud eelkõige sellest, et varajasem toodang on kallim hooaja keskel valitsevate hindadega võrreldes. Varasematest sortidest on enim levinud Eestis 'Polka' ning keskvalmivast 'Sonata', mis tagavad hea saagikuse. 'Sonata' sorti kasvatatakse Eestis suurtootmise jaoks, saades suuri vilju, kuid mille maitseomadused jäävad 'Polka' sordile alla. Hilissortidest kasvatatakse 'Senga Sengana' sorti, kuid enamasti ei tasu hilissortide kasvatamine Lõuna-Eestis ära ning seetõttu on hilissortide kasvatamine kaubanduslikul eesmärgil Põhja-Eestis kasulik (Libek, Eskla 2012: 27-28, 47, 58).

Aedmaasikas vajab mitmekordset tolmeldamist viljastumise õnnestumiseks (Klatt *et al.* 2014: 1). Osad sordid näiteks 'Sonata' on iseviljastuvad (Abrol *et al.* 2017: 1). Teisalt esineb ka sorte, mis vajavad efektiivseks viljastumiseks ainuüksi putuktolmeldajaid, mis tähendab, et tolmeldajate abil transporditakse õietolm tolmuks emakasuudmele ühelt taimelt teisele (Goulson 2010: 161). Sellise sorti hulka kuulub näiteks 'Polka', mis putuktolmlemisel annab suurema vilja massi (Karise *et al.* 2014: 49). Seetõttu on oluline, et tolmeldamine oleks tagatud õitsemisperioodi alguses, kuna esimestest õitest arenevad suuremad viljad (Tuohimetsä *et al.* 2014: 412).

1.4.4 Aedmaasika tolmeldamise vajalikkus

Lisatolmeldajate kasutamine aitab parandada aedmaasika vilja kvantiteeti ja kvaliteeti, mistõttu esineb viljadel vähem väärarenguid, viljad on suurema massi ning ka pikema säilivusajaga. Lühike säilivusaeg on tingitud sellest, et aedmaasikas on tundlik seenhaiguste ning mehaaniliste vigastuste suhtes, mis muudab nad lühikese aja jooksul turustamatuks. Lisaks on putuktolmeldatud viljad tugevamad, mistõttu on võimalik saaki kauem ladustada. Mõnede sortide puhul on parenenud ka koristusjärgne kvaliteet ehk viljad on intensiivsema punase värvusega, mis on tingitud aminohapete sisaldusest ning esineb madalam suhkruhappe suhe võrreldes tuul- ja isetolmlemisega (Klatt *et al.* 2014: 1-2, 5-6). Samuti on putuktolmlemise korral paranenud vilja kuju ning suurus (Abrol *et al.* 2017: 1). Klatt ja teiste uuringu järgi (2014: 5) olid aedmaasika 'Honeoye' ja 'Korona' sortide putuktolmeldamisel saadud viljad keskmiselt 11% suurema massiga kui tuultolmlemise korral ning 30,3% raskemad võrreldes isetolmlemise korral (tabel 1).

Tabel 1. Tolmeldamise mõju aedmaasika näitajatele (Modifitseeritud: Abrol *et al.* 2017: 6)

Käsitlemine	Aedmaasika vilja parameetrid			Keskm. Kaal (g)
	Värvus	Kuju	Suurus	
Tolmeldajate kasutamine	punane	hästi kujunenud	keskmine	15,25
Tolmeldamise puudumine (kontroll)	osaliselt punane	deformeerunud	väike	12,24

1.5 Maastiku mõju korjele

Vähem majandatud maastikutüüpide alla kuuluvad näiteks looduslikud metsad, kus inimtegevusest tulenev mõju on olnud minimaalne (Blitzer *et al.* 2012: 35). Poollooduslike koosluste puhul nagu näiteks puisniidud, puiskarjamaad ning nõmmed on tekkinud ja säilinud loodusliku ja inimtegevuse (niitmine, karjatamine) koostoimel (Talvi, Talvi 2012: 5). Põllumajandusmaastikud on inimese tegevusega otstarbekohaselt ümber kujundatud maastikud ning sinna alla klassifitseeritakse näiteks põllumaa, koduaiad, viljapuu- ja marjaaiad.

Põllumajanduse laienemine ja intensiivistumine on maakasutuse muutuse peamine tegur, mis põhjustab looduslikes ja poollooduslikes ökosüsteemides olevate taimeliikide ja elupaikade kadumist (Marja *et al.* 2018: 3; Magrach *et al.* 2017: 62). Põllumajanduse osakaalu suurenemine looduslike rohumaade arvelt on tingitud maailma pideva elanikkonna kasvust, mis omakorda põhjustab bioloogilise mitmekesisuse vähenemist (Lomba *et al.* 2014: 140). Samas ei ole inimtegevusest põhjustatud maakasutuse muutused, mis ümbritsevad liikide elupaiga fragmente alati negatiivse mõjuga. Näiteks võib see aidata kaasa liikide püsivusele, levimisele kui ka kolonisatsioonile (Tscharntke *et al.* 2012: 663). Kui looduslike või poollooduslikes maastikes ressursside osakaal on madal, võivad tolmeldajad sõltuda põllumajandusmaastikus kasvavatest kultuuridest ning vastupidi (Spiesman *et al.* 2017: 222).

1.5.1 Agroökosüsteemid

Agroökosüsteem on tugevasti inimese poolt mõjutatud ja ilma inimese sekkumiseta on ökosüsteem nõrga vastupanuvõimega keskkonnas aset leidvate kahjustuste suhtes. Agroökosüsteemi iseloomustab intensiivne maa harimine, põldude niisutamine, väetiste ja pestitsiidide kasutamine, mis mõjutab otseselt kultuurtaimi, kuid mille mõju võib avalduda ka looduslikele taimedele ning tolmeldajatele. Näiteks võib kimalasi kaudselt mõjutada põllumajanduses kasutatav niisutussüsteem, kuna niisutamine võimaldab rikkalike õievarude ellujäämist. Samal ajal kui poollooduslikes elupaikades sõltuvad taimed sademete hulgast, mistõttu võivad taimed kuiva hooaja jooksul ära kuivada (Tangtorwongsakul *et al.* 2017: 29, 36).

Lisaks sellele võib samal viljelusel paiknev mitmekesine põllukultuuride valik pakkuda suuremat toiduressursi valikut kui algsed elupaigad. Mitmekesisel põllumajanduslikul õitsevad kultuurid suudavad tolmeldajaid ligi meelitada taimede morfoloogia (näiteks kuju) kui ka nektari ja õietolmu abil (Tangtorwongsakul *et al.* 2017: 29). Ka massöielised kultuurid nagu näiteks ristikuliigid või raps, on tolmeldajate jaoks olulised toiduallikaid (Marja *et al.* 2018: 2).

Tolmeldajate jaoks on oluline, et oleks tagatud ressursside pidev kättesaadavus nende elutsükli jooksul, mistõttu massiliselt õitsvad kultuurid on omandanud suure tähtsuse (Marja *et al.* 2018: 4) varakevadel, kevadisel perioodil või suve lõpul, kuid ei taga eespool mainitud püsivust. Samuti võib tolmeldajatele avalduvat positiivset mõju piirata põllukultuuride lühike õitsemisperiood, kuna sellele võib järgneda toidupuudus (Herbertsson *et al.* 2017: 78). Kättesaadavate põllukultuuride mitmekesisus võib parandada immuunsust ning tagada nende ellujäämise (Holzschuh *et al.* 2016: 1233).

Siinjuures ei pruugi kõik põllukultuurid olla piisava kvaliteediga, et tõsta tolmeldajate paljunemist proportsionaalselt ressursside summaga (Holzschuh *et al.* 2016: 1233; Riedinger *et al.* 2014: 426). Selline olukord võib tekkida kui aminohapete või teiste toiteainete koostisosa põllukultuuril on ebasoodne või kui õietolmu komponendid on toksilised (Holzschuh *et al.* 2016: 1233), mis võib mõju avalduda kimalaste käitumisele, paljunemisele kui ka koloonia edukusele (Baron *et al.* 2017: 1308). Tolmeldajate jaoks on põllumaastikus leitav toiduressurss määrava tähtsusega, kuid ei asenda looduslike elupaiku, kuna nad pole võimelised oma elutsükli lõpuni viima põllumajandusmaastikes (Blitzer *et al.* 2012: 39).

Põllumajandusmaastike bioloogilise mitmekesisuse tõstmiseks, oleks mõistlik näiteks külvata segakultuure, säilitada niidualasid või hekke (Tangtorwongsakul *et al.* 2017: 29).

Kimalaste jaoks on kriitilise tähtsusega, et oleksid esindatud erinevad maastikutüübid nende elutsükli vältel, seetõttu külastavad nad ka näiteks parke ja aedu. Üldjuhul on tegemist heterogeensete aladega, mis pakuvad tolmeldajatele mitmekesisemat toidubaasi ning mis aitavad hoida bioloogilist mitmekesisust (Foster *et al.* 2017: 426; Garbuzov, Ratnieks 2014: 364-365).

1.5.2 Poollooduslikud biotoobid

Poollooduslikud rohumaad (niidud, metsalangid) on kujunenud ulatuslikust inimtegevuse mõjust, kus peamiselt teostatakse niitmist või karjatamist (Melts *et al.* 2013: 6; Blitzer *et al.* 2012: 35). Looduslike rohumaade (looduslikud metsad, rabad) puhul otsene inimtegevuse mõju puudub või on üsna piiratud (Blitzer *et al.* 2012: 35).

Poollooduslike rohumaade tähtsus tuleneb eelkõige nende suurest liigirikkusest, mis on tingitud kombineeritud mõjust nii loodus kui ka inimtegevusest (Janišov'a *et al.* 2014: 47). Püsivate rohumaade tähtsus lisaks nende rikkalikule toiduessursile on ka nende vajalikkus tolmeldajate jaoks tingitud sellest, et nad pesitsevad, talvituvad ja paljunevad seal (Marja *et al.* 2018: 15). Lisaks sellele on mõned tolmeldajad evolutsiooniliselt arenenud koos looduslike taimeliikidega, mistõttu on neil omandatud vajalikud teadmised, kuidas olemasolevaid toiduallikaid käsitleda (Hatfield *et al.* 2012: 11).

Poollooduslikud rohumaad on hästi esindatud, kuigi nende märkimisväärne osakaal on alates möödunud sajandist kogu Euroopas langevas tendentsis, mis on tingitud sellest, et viljakad kasvukohad muudetakse põllumaaks või vähem viljakamad alad hüljatakse või muudetakse metsamaaks (Öckinger *et al.* 2017: 2). Rohumaade hülgamine põhjustab maastikutüübile spetsialiseerinud liikide kadu ning järelejäänud rohumaade osad on tavaliselt väikesed ja isoleeritud ning asuvad metsa või põllu maatriksis (Öckinger *et al.* 2017: 2). Poollooduslike rohumaades on tähtis nende korrapärane majandamine, kuna taimeliikide mitmekesisus on negatiivselt seotud maakasutuse muutustega (Melts *et al.* 2013: 6). Näiteks kui niitmise või karjatamise osakaal järsult langeb, siis võib tekkida olukord, kus surnud taimed kuhjuvad,

mis omakorda võib mõjutada taimekoosluste struktuuri, mitmekesisust ja dünaamikat (Loydi *et al.* 2012: 454-455). Koosluse bioloogilise mitmekesisuse säilitamiseks tuleb vältida rohumade majandamise intensiivistumist (Heinsoo *et al.* 2010: 86). Looduslike rohumaade säilitamine on vajalik, kuna tegemist on samuti liigirikka taime ja loomaliigi faunaga (Garbutt *et al.* 2017: 2914).

Samas võib looduslikul elupaigal olla ka negatiivne seos mesilaslaadsete arvukuse ja rikkusega, seda juhul kui toiduressursi valik on elupaigas ebapiisav, mis ei toeta neid nende elutsükli jooksul. Sellisel juhul on oluline massöieliste kultuuride kättesaadavus. Mitmekesisema toidubaasi kättesaadavus võib pakkuda neile terviklikumat toidubaasi, see tähendab kvaliteetsemat õietolmu ning teisi toitaineid nende elutegevuseks (Spiesman *et al.* 2017: 218). Sellest tulenevalt ei ole otstarbekas ühte maastikutüüpi asendada teisega, vaid tuleks tolmeldajate jätkusuutlikkuse tagamiseks säilitada nende koos eksisteerimine.

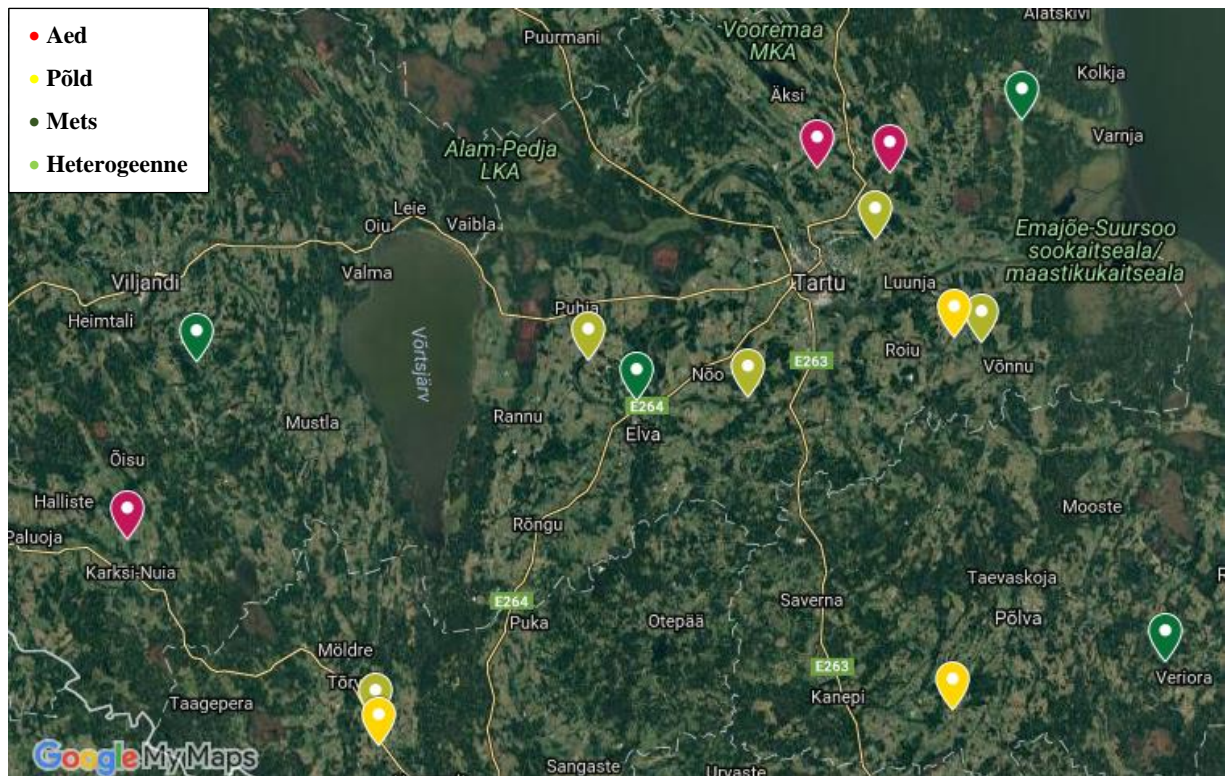
Metsad on elu- ja toitumispaigana paljudele kimalastele olulisteks aladeks (Diaz-Forero *et al.* 2011: 240-241), pakkudes toidutaimi eriti perioodidel, mil avatud maastikus võib õitsvate taimede hulk väiksem olla. Metsades on mesilaselaadsete putukate eelistatuimateks toidutaimedeks erinevad taimed sugukonnast kanarbikulased (*Ericaceae* Juss.) ja roosöielised (*Rosaceae* Juss.) (Goulson 2010: 2, 166). Kevadel õitsevad mustikad, pohlad, sinikad, hiljem asendavad neid metsvaarikad ning hilissuvel on kuivemates metsades arvukalt kanarbikku.

2. MATERJAL JA METOODIKA

2.1 Aeg ja koht

Katse viidi läbi 2017. aastal 7.ndal juunil kuni 23.nda juunini. Välitööde teostamisperiood jäi juuni keskpaika, mis oli tingitud jahedast ilmast (aedmaasika õitsemissperiood hilines). Katse jaoks valiti 15 aedmaasika tootmispõldu (joonis 2), mille suurus varieerus 0,3 ha – 25 ha. Katsealad valiti maakasutuse järgi, kus enne katse algust *ArcGis* (ESRI 2018) tarkvara abil arvutati domineeriva maakasutustüübi osakaal 1 km raadiuses (Hagen *et al.* 2011: 7; Holzschuh *et al.* 2016: 1230) ümber aedmaasika istandiku. Ala suurus määrati arvestades kimalaste keskmist korjelennu kaugust. Tulemusena saadi 3 põhilist maakasutustüüpi: 1) „mets“ ehk looduslik- ja poollooduslik ala, 2) „põld“ ehk põllukultuuridega külvatud maad ja 3) „aed“ ehk puuviljade ja marjakultuuride kasvatamise alad, kus eelnimetatud maakasutustüüpide osakaal *per* ala ületas 50% kogupindalast. „Mosaiikne“ ehk heterogeene maakasutustüüp toodi eraldi, sest seal oli esindatud poollooduslikud alad ja põllumaad, kus igatüüpi maakasutustüübi osakaal ületas 30% ning ei olnud määratud domineerivaks. Iga maastikutüübi kohta on esitatud näidis (joonis 3).

Järgneval joonisel on välja toodud kõigi 15 aedmaasika istandike asukohad. Kaardil on tähistatud alad erinevate värvidega, mis näitab antud istandikku ümbritseva ala iseloomulikku maakasutustüüpi (joonis 2). Punane värv tähistab aeda, kollane põldu, tumeroheline metsa ning heleroheline heterogeenset maakasutustüüpi.

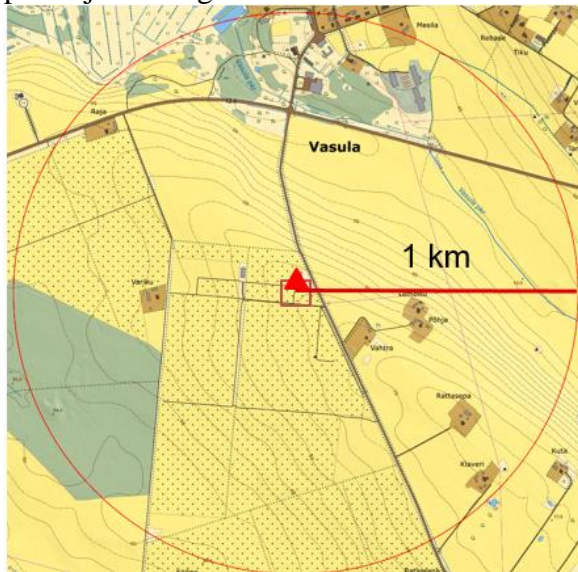


Joonis 2. Katsealade asukohad. Aluskaardina on kasutatud *GoogleMaps*’i kaarti. Kaart on välja toodud illustreerival eesmärgil.

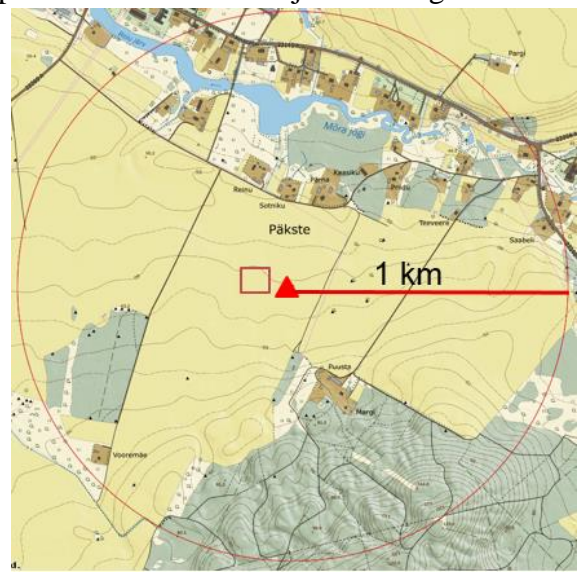
Katse läbiviimise ajal määrati ja hinnati aedmaasika õitsemisperioodiga kattuvate õitsvate taimede mitmekesisus, täpsustades kimalaste võimalikke toiduallikaid ja seega aedmaasikaga konkureerivaid taimi. Selleks käidi kõik katsealad läbi ja õitsvad taimed märgiti üles. Mõned õied ja õisikud korjati kaasa näidispreparaatide valmistamiseks, mida kasutati õietolmu määramise ajal.

Aedmaasika põllud on klassifitseeritud kolme rühma: väike-, keskmine,- ja suur põld. Nimetaja „väike“ alla koondati kõik need põllud, mille suurus jäi alla 2 hektari. „keskmise“ alla paigutati need aedmaasika põllud, mille suurus jäi vahemikku 2-10 hektarit ning üle 10 hektari suurused põllud grupeeriti nimetaja „suur“ alla.

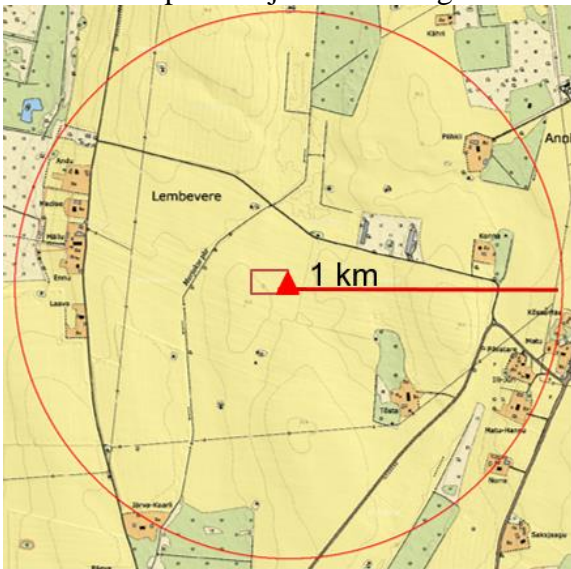
Aed: aedmaasika istandik peamiselt ümbritsetud põllumajandusmaade ja puuviljaaedadega.



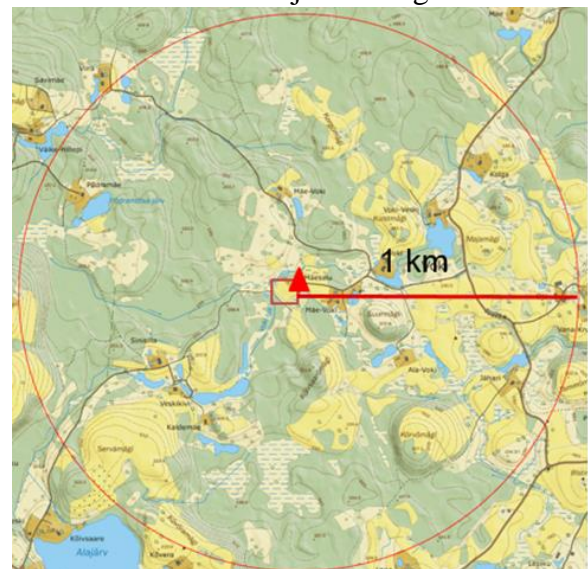
Heterogeenne: aedmaasika istandik peamiselt ümbritsetud põllumajandusmaade, poollooduslike niitude ja metsadega.



Pöld: aedmaasika istandik peamiselt ümbritsetud põllumajandusmaadega.



Mets: aedmaasika istandik peamiselt ümbritsetud metsade ja niitudega.



Joonis 3. Näidis neljast erinevast maakasutustüübist ümber aedmaasika põldude. Joonisel on märgitud punase ringiga tähistatud kimalaste keskmine korjeterritoorium (1 km), punase ruuduga aedmaasika istandik ning kolmnurgaga kimalaspere koloonia asukoht.

2.2 Katses kasutatud tolmeldajad

Katse läbiviimiseks kasutati Belgiast (Biobest Group NV, Ilse Veldn 18, 2260 Westerlo, Belgia) tellitud karukimalaste tarusid (*B. terrestris* L., *Standard hive*). Seda tüüpi tarudes on tootja andmetel üle 80 töökimalase. Kokku oli 30 taru, mis viidi aedmaasika istandikule kahekaupa ning mis paigaldati põllu servale, vältides kasvuajaliste tööde teostamist. Iga taru oli varustatud suhkrulahuse anumaga, mistõttu puudus kimalastel korjele asudes õietolmukorje kogemus ja toidutaimede eelistus.

2.3 Õietolmu kogumine

Kimalaste tarude sissepääsud suleti läbipaistvate õhku läbi laskvate torukestega, selleks et takistada nende vaba sissepääs tarru. Korjelt saabunud õietolmupallidega töökimalane püüti taru lennuavalt nimetatud toru abil kinni ning eemaldati korjejalgade küljest õietolmupallid. Õietolmupalle koguti kaks korda, keskmiselt 10 tükki taru kohta ning igal alal viibiti maksimaalselt poolteist tundi. Õietolmupallide korjamist teostati nii hommiku- kui õhtu poole, tuulevaiksematel ja päikesepaistelisemate ilmade korral, kuna kimalaste aktiivsus hea ilma korral on suurem. Kogutud õietolm paigutati paberümbrikusse, mille peale märgiti asukoht, taru number, kuupäev ja kellaaeg. Kogutud õietolmupalli proovid jäeti õhu kätte kuivama. Kokku saadi 427 proovi.

2.4 Pesa juurdekasvu hindamine

Kõik pered kaaluti enne maastikule viimist ning vahetult pärast tagasi toomist. 24 h enne tarude istandikest ära toomist suleti tarude väljalennu ava ning lahti jäeti vaid sisenemisava, et võimalikult paljud korjetöölised jõuaksid tarru tagasi. Igas peres hinnati loenduse teel munakogumike, vastsete ja töökimalaste hulka.

2.5 Konkureerivate tolmeldajate hulga määramine

500 m transektid paigutati maastikul nii, et need läbisid 100 m ulatuses aedmaasika istandikke ja 400 m ulatuses istandikku ümbritsevat maastikku. Loenduse käigus märgiti üles erakmesilaste (grupi tasemel) ja meemesilaste arvukus. Looduslikke kimalasi on aedmaasika õitsemise ajal väga vähe, kuna noored emad tegelevad alles pesa rajamisega ning korjetöölisi veel ei ole.

2.6 Õietolmuproovide ettevalmistamine

Kuivanud õietolmupallide kaalumiseks kasutati täppismõõtmis kaalu täpsusega 0,1 mg. Seejärel pandi õietolm 2-ml Eppendorffi tuubidesse, kuhu lisati juurde 1ml 99,6% äädikhapet. Proove hoiti äädikhappe sees kolm päeva, kuna äädikas lahustab õietolmupallist kimalase sülje ja õietolmu katva kleepuva pealiskihi, mis paljastab omakorda õietolmuterade väliskesta.

Pärast õietolmupallide lahustumist tsentrifuugiti proov (13400 pööret minutis) 4 – 5 minutit, selleks et õietolm sadeneks Eppendorffi tuubi põhja. Pärast proovi valmimist, kallati äädikhape proovi pealt, seejärel lisati loputamiseks 1 ml destilleeritud vett ning pandi uuesti 4 – 5 minutiks tsentrifuugima. Pärast tsentrifuugimise lõppu vahetati 1 ml destilleeritud vett puhta vee vastu ning jäeti proov seisma.

2.7 Õietolmu määramine

Kasutades valgusmikroskoopi (Olympus CX 31 RBSF) suurendusel 400× (vajadusel 1000×), määrati õietolmu liigiline koosseis. Igast proovist loendati ja määrati 200 õietolmutera. Õietolmu koosseis määrati võimalusel liigi tasemeni. Juhul kui õietolmutera kuuluvuse tõestamine kindla taimeliigini oli raskendatud, määrati sugukonna tasemel. Õietolmu määramise abivahenditena kasutati näidispreparaate (välitööde käigus kogutud) ning õietolmu määrajaid Hesse *et al.* (2009) „*Pollen terminology an illustrated handbook*“ ja D’Albore (1998) „*Mediterranean melissopalynology*“. Juhul kui proovis esines mõnda taimeliiki väga vähe või oli keeruline määrata, grupeeriti õietolm nimetaja „muu“ alla.

2.8 Statistiline andmetöötlus

Katseandmete töötlemiseks kasutati andmetöötlusprogrammi *MS Excel* ja statistikaprogrammi *Statistica* 13.3. Andmed grupeeriti *MS Exceli* andmetöötlusprogrammis vastavalt maakasutustüübi ja tarude põllule viimise aja järgi. Aedmaasika ja teiste alternatiivsete taimede õietolmu osatähtsuse võrdlemiseks erinevates maakasutustüüpides kasutati mitte-parameetrilise dispersioonanalüüsi *Kruskal-Wallise* testi (andmestik ei vastanud normaaljaotusele). Aedmaasika õietolmu osakaal vastavalt põldude suuruse järgi teostati sama testi abil.

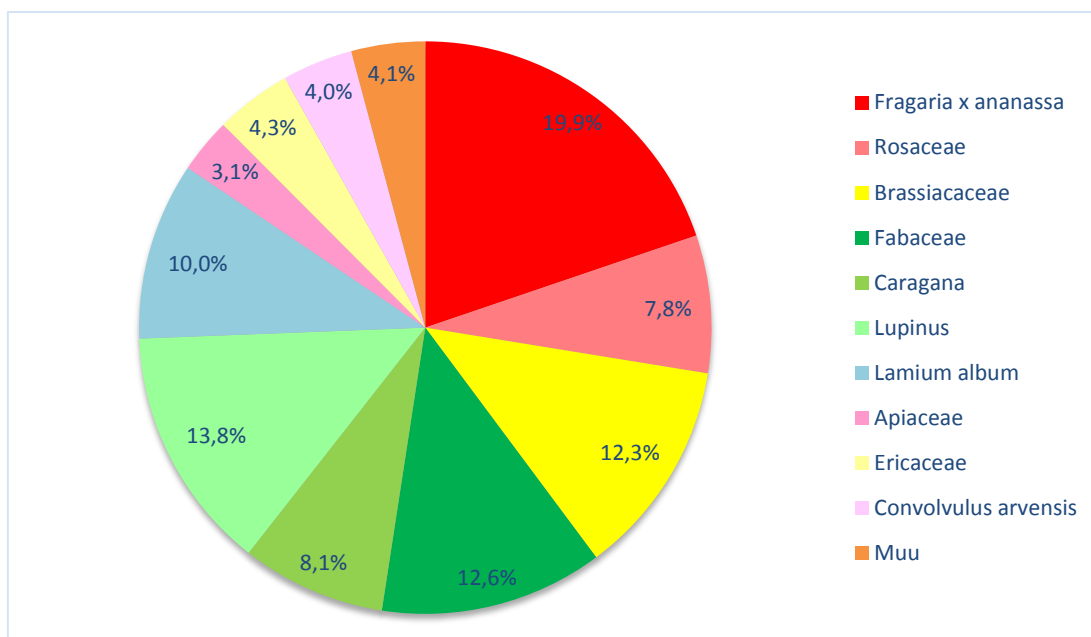
Tolmeldajate arvu ja pere juurdekasvu sõltuvust maakasutustüübist hinnati parameetrilise dispersioonanalüüsiga ANOVA (ühefaktoriline).

Pearsoni korrelatsioonanalüüsi (andmed vastasid normaaljaotuse tingimustele) kasutati leidmaks seoseid aedmaasika õietolmu osakaalu mõju pere juurdekasvule, tolmeldajate hulga mõju pere juurdekasvule ja tolmeldajate hulga mõju aedmaasika õietolmu korjele.

3. TULEMUSED

3.1 Kimalaste kogutud õietolmu liigiline koosseis

Protsentuaalselt kogusid kimalased kõige enim aedmaasika õietolmu $19,9 \pm 2,07\%$, liblikõieliste õietolmu (*Fabaceae* Mill.) $34,5 \pm 0,49\%$, millest $13,8 \pm 1,84\%$ moodustas lupiini õietolm (*Lupinus* L.) ja $8,1 \pm 1,42\%$ läätspuu õietolm (*Caragana* Fabr.). Peale selle külastasid kimalased ristõielisi (*Brassicaceae* Burnett) $12,3 \pm 0,88\%$, mille õietolmu korje erines sõltuvalt maakasutustüüpidest (K-W $H_{(3, 342)} = 18,84$, $p < 0,05$). Talirapsi (*Brassica napus* var *oleifera* L.) osakaal moodustas ristõielistest poole ($6,2 \pm 1,22\%$). Märkimisväärse osakaalu kimalaste õietolmu korjes moodustasid veel valge iminõges (*Lamium album* L.) $10,0 \pm 1,53\%$ ning roosõielised (*Rosaceae* Juss.) $7,8 \pm 1,34\%$. Sarikaliste (*Apiaceae* Lindl.), kanarbikuliste (*Ericaceae* Juss.) ning kasitapu (*Convolvulus arvensis* L.) õietolmu osakaal jäi võrreldes eelnimetatud taimeliikidega tagasihoidlikumaks, moodustades vastavalt $3,1\%$, $4,3\%$ ja 4% (joonis 4).

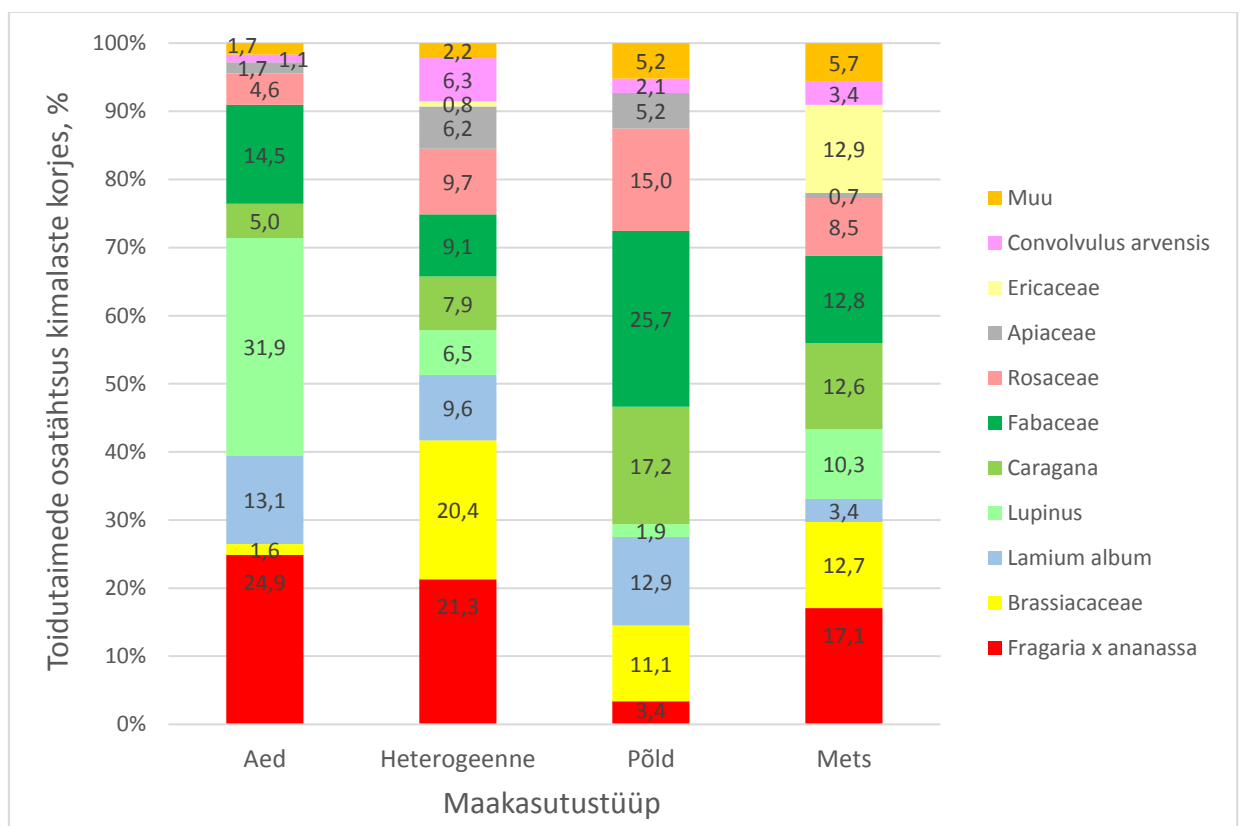


Joonis 4. Taimeliikide osakaal kimalaste õietolmukorjes (%).

Nimetaja „muu“ alla koondati kõik need õietolmu saadused, mida esines alla 3% koguvalimist ja need moodustasid kokku 4%, neist suurema osakaalu moodustasid nelgilised (*Caryophyllaceae* Juss.) 1,2 %. Teiste taimeliikide ning sugukondade osakaal jäi märkimisväärselt väikseks (alla 1%).

3.2 Alternatiivsete toidutaimede õietolmu osakaal erinevates maakasutustüüpides

Aedmaasika õietolmu osakaal kimalaste kogutud korjes (joonis 5) erines sõltuvalt maakasutustüüpidest (K-W $H_{(3, 340)} = 10,18$, $p = 0,02$). Aedades korjati aedmaasika õietolmu $24,9 \pm 3,88\%$, heterogeenses $21,3 \pm 3,31\%$, metsades $17,1 \pm 3,56\%$ ning põllurikkal alal $3,4 \pm 1,8\%$.



Joonis 5. Aedmaasika ja teiste alternatiivsete toidutaimede õietolmu osakaal erinevates maakasutustüüpides. Muude alla on klassifitseeritud taimeliigid, mida oli vähem kui 3%.

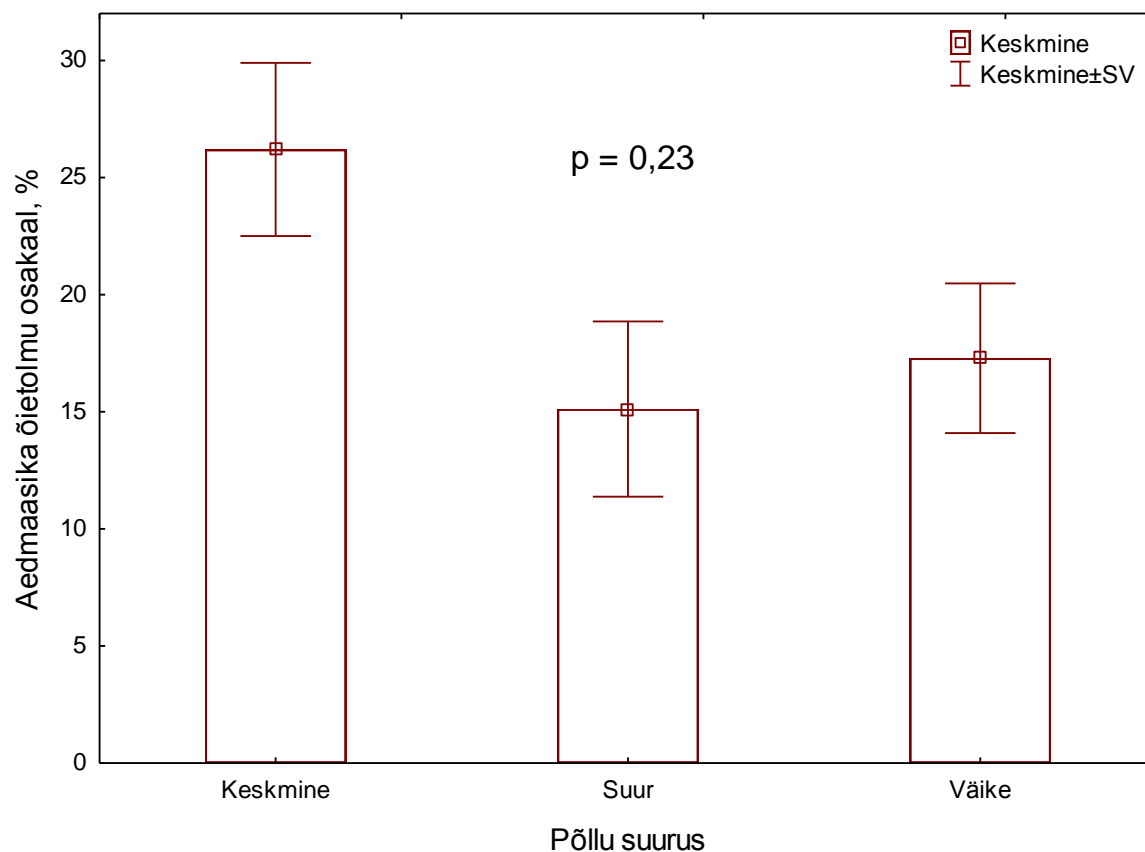
Liblikõieliste sugukonda kuuluvate taimede osakaal kimalaste korjatud õietolmus ei erinenud oluliselt erinevates maakasutustüüpides (K-W $H_{(3,342)} = 2,22$, $p = 0,53$), kuid sinna kuuluva lupiini õietolmu osakaal erines statistiliselt oluliselt sõltuvalt maakasutustüüpidest (K-W $H_{(3,342)} = 2,95$, $p = 0,04$). Katseajal tehtud vaatlustel leiti lupiini õietolmu rohkesti aedadest, kus kimalaste korjes moodustas ta $31,9 \pm 3,71\%$. Liblikõieliste sugukonda kuuluvat läätspuu õietolmu korjasid kimalased enim metsarikastelt aladelt ($12,6 \pm 2,59\%$), kuid selle osakaal erinevates maakasutustüüpides ei erinenud statistiliselt oluliselt (K-W $H_{(3,342)} = 1,93$, $p = 0,59$). Ühe eelistatuma korjetaime huulõieliste hulka kuuluva valge iminõgese õietolmu korje osakaal (K-W $H_{(3,342)} = 1,18$, $p = 0,76$) ei erinenud oluliselt sõltuvalt maakasutustüüpidest. Ka ristõieliste taimede, mille hulka kuulub raps, õietolmu korje ei erinenud oluliselt maastikutüüpide vahel (K-W $H_{(3,342)} = 3,16$, $p = 0,37$). Kõige enam korjati seda heterogeenses maastikus $20,4 \pm 1,9\%$ ja kõige vähem aedadest $1,6 \pm 0,5\%$.

Metsasele ja heterogeensele maakasutustüübile on omapärane suur taimeliikide varieeruvus kimalaste korjes ning kõikide taimeliikide või –gruppide, peale aedmaasika, õietolmu osakaal kimalaste korjes jäi suhteliselt madalaks. Metsadele iseloomuliku kanarbiku õietolmu hulk korjes erines statistiliselt oluliselt maakasutustüüpide vahel (K-W $H_{(3,342)} = 34,88$, $p < 0,05$) ning mille osakaal domineeris metsades, kust seda korjati $12,9 \pm 2,05\%$. Heterogeenses maakasutustüübis korjasid seda taimeliiki kimalased kõigest $0,8 \pm 0,5\%$. Lisaks korjasid kimalased heterogeensest maakasutustüüpidest sarikõieliste õietolmu $6,2 \pm 1,62\%$, kuid mille osakaal metsades jäi kõigest $0,7 \pm 1,33\%$ juurde. Nendes maakasutustüüpides korjati lisaks eelnevale veel ka roosõielisi ning kassitapu õietolmu. Metsadest korjati roosõieliste õietolmu $8,5 \pm 2,63\%$ ning heterogeensest $9,7 \pm 2,36\%$, kuid mis ei erinenud teistest maakasutustüüpidest (K-W $H_{(3,342)} = 5,37$, $p = 0,15$). Kassitapu õietolmu korje ei erinenud oluliselt (K-W $H_{(3,342)} = 2,55$, $p < 0,47$), selle osakaal jäi metsades $3,4 \pm 1,84\%$ ning heterogeenses maakasutustüübis $9,6 \pm 2,85\%$.

3.3 Aedmaasika õietolmu osakaal sõltuvalt põllu suurusest

Antud katses korjatud aedmaasika õietolmu osakaal eri suurustega põldudel ei näidanud statistilist olulist erinevust (K-W $H_{(2,340)} = 2,91$; $p = 0,23$) (joonis 6). Kimalased kogusid

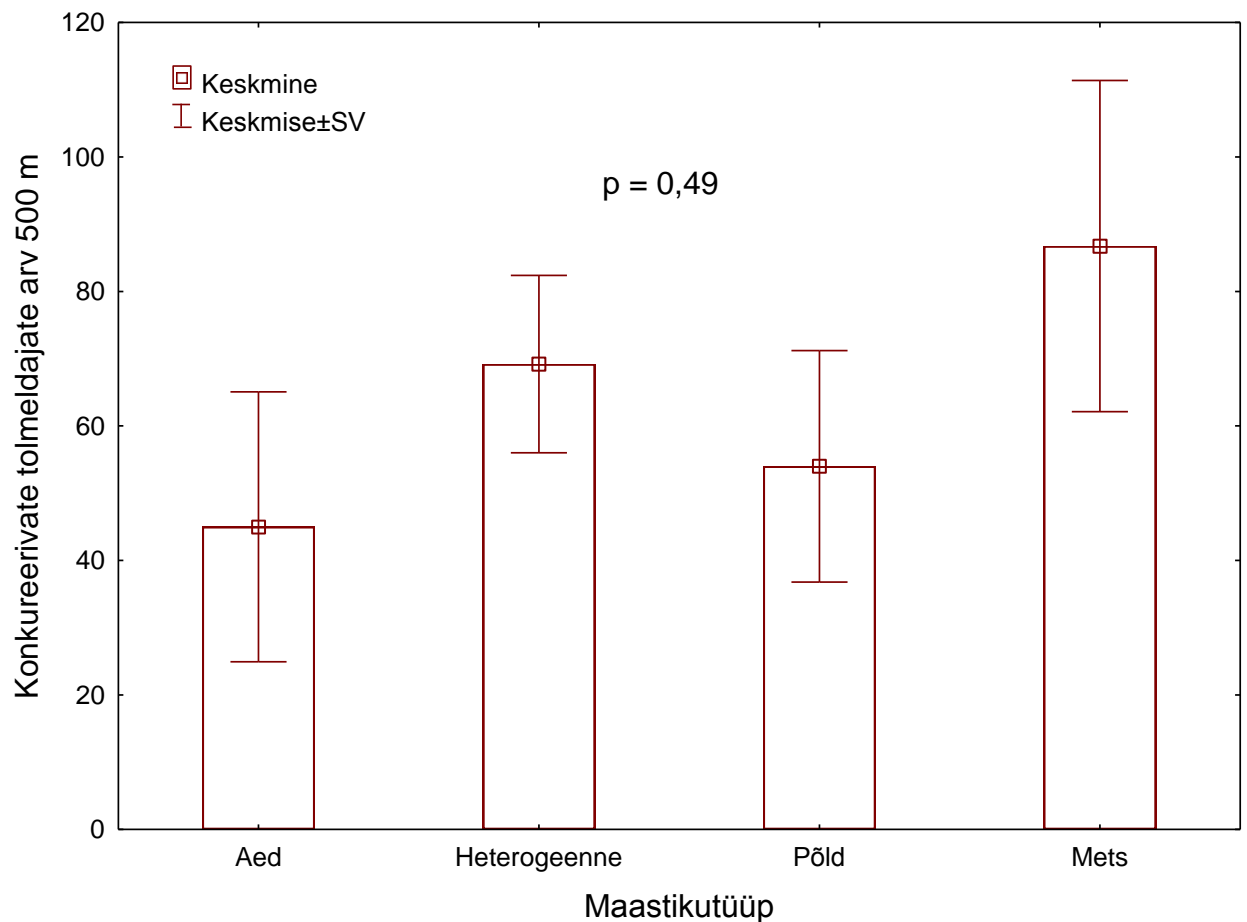
aedmaasika õietolmu „keskmise“ suurusega põldudelt üle $26,1 \pm 3,67\%$. Väikestelt põldudelt kogusid kimalased aedmaasika õietolmu üle $17,3 \pm 3,19\%$ ning suurte põldude puhul üle $14,9 \pm 3,74\%$.



Joonis 6. Aedmaasika õietolmu osakaal põldude suuruse järgi. Kastid ja vurrud tähistavad keskmist ja keskmise standardviga. Statistilises analüüsis kasutati *Kruskal - Wallise*’e mitteparameetrilist dispersioonianalüüsi.

3.4 Aedmaasika õietolmu korje sõltuvalt konkureerivatest tolmeldajatest

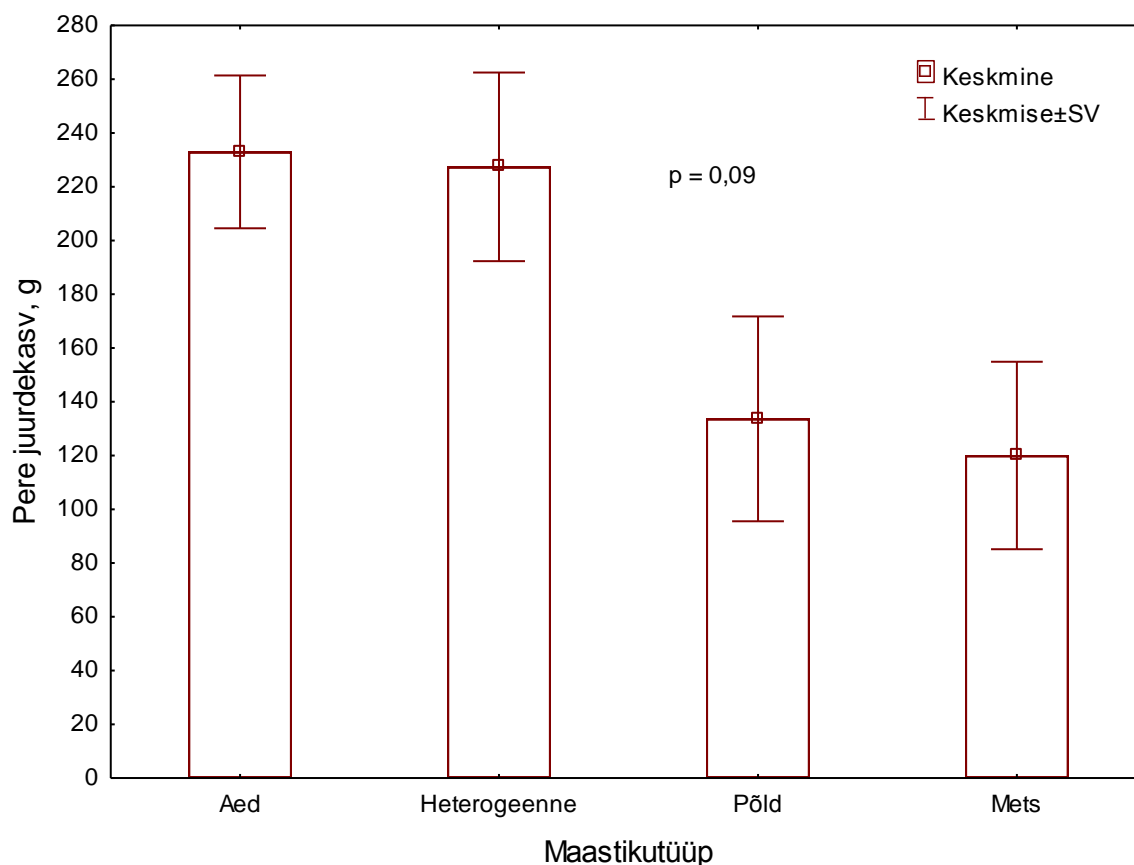
Aedmaasika istandikus ja selle lähikümbruses loendatud ülejäänud tolmeldajate arv ei erine oluliselt erinevate maakasutustüüpide vahel ($F_{(3;11)} = 0,87$, $p = 0,49$) (joonis 7). Tolmeldajate hulk ei mõjutanud ka kimalaste aedmaasika õietolmu korjet ($r^2 = 0,04$, $p = 0,50$).



Joonis 7. Konkureerivate tolmeldajate arv erinevates maakasutustüüpides 500 m transektil põllul ja selle ümbruses. Kastid ja vurrud tähistavad keskmist ja keskmise standardviga. Statistilises analüüsis kasutati parameetrilist dispersioonianalüüsi ANOVA (ühefaktoriline).

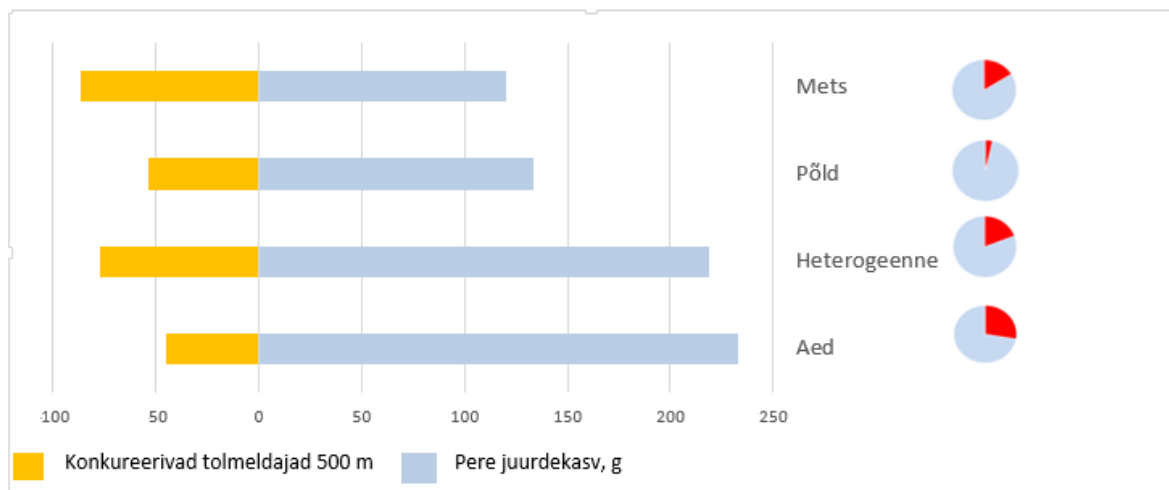
3.5 Kimalaste tarude kaalu juurdekasv sõltuvalt maakasutustüübist, aedmaasika õietolmu korjest ja konkureerivatest tolmeldajatest

Katse käigus vaadeldi, kas kimalaste tarude kaalu vahe mõjutab maakasutustüüp, aedmaasika õietolmu korje või konkureerivate tolmeldajate hulk (joonis 8). Taru kaalu juurdekasv on võetud pere arengu hindamise kriteeriumiks, kuna on positiivses korrelatsioonis munade ($r^2 = 0,43$, $p < 0,05$), vastsete ($r^2 = 0,44$, $p < 0,05$) ja tööliste ($r^2 = 0,58$, $p < 0,05$) arvukusega. Seega võib taru kaalu juurdekasvu käsitleda pere arengu näitena.



Joonis 8. Kimalaste tarude kaal sõltuvalt maakasutustüübist. Kastid ja vurrud tähistavad keskmist ja keskmise standardviga. Statistilises analüüsis kasutati parameetrilist dispersioonianalüüsi ANOVA (ühefaktoriline).

Katsest selgus, et maakasutustüübi mõju ei ole pere juurdekasvule statistiliselt oluline ($F_{(3, 11)} = 2,81$, $p = 0,09$) ning samuti ei mõjutanud aedmaasika õietolmu korje osatähtsus seda oluliselt ($r^2 < 0,05$, $p = 0,81$), kuid ilmnis statistiliselt oluline negatiivne korrelatsioon ($r^2 = 0,27$, $p = 0,04$) teiste tolmeldajate arvu ja pere juurdekasvu vahel. Kimalaste pere juurdekasv oli suurim aedades, kus oli samaaegselt vähe teisi tolmeldajaid. Seal korjasid kimalased ka kõige enam aedmaasika õietolmu. Juurdekasv oli suhteliselt suur ka heterogeenses maastikus, kus oli samal ajal rohkem konkureerivaid tolmeldajaid. Aedmaasika õietolmu osakaal jäi kõige madalamaks põldude puhul. Kimalaste pere juurdekasv oli samuti madalam metsades, kus esineb palju teisi konkureerivaid tolmeldajaid (joonis 9).



Joonis 9. Pere juurdekasv (g) võrrelduna antud maakasutustüübis esinenud teiste tolmeldajate arvuga. Ringid näitavad aedmaasika (punane sektor) osatähtsust erinevates maakasutustüüpides.

4. ARUTELU JA JÄRELDUSED

Aedmaasikas moodustas kimalaste korjebaasis olulise osa. Ühegi teise taimeliigi või – või grupi õietolmu ei korjatud nii palju. Kuna antud katses moodustas aedmaasikas kimalaste korjes viiendiku kõikide maakasutustüüpide peale, siis võib öelda, et aedmaasikas on kimalaste jaoks atraktiivne toidutaim ja kaubanduslikult toodetud kimalaste kasutamine aedmaasika tootmispõldudel võib tuua loodetud tulemuse.

Samas võivad kimalaste eelistusi mõjutada aedmaasika põldudel esinevad alternatiivsed toidutaimed, mis võivad nende jaoks olla ligimeelitavad oma toiteväärtuse (Vaudo 2015: 133), arvukuse (Henning, Chazoul 2011: 139) või kättesaadavuse tõttu. Kimalaste puhul tuleb alati arvestada sellega, et nad korjavadki õietolmu ja nektarit väga paljudelt taimeliikidelt (Parmentier *et al.* 2013: 9) ning aedmaasika õietolmu osatähtsust nende korjes on leitud olevat üsna madal, vastavalt 16% (Foulis; Goulson 2014: 406). Käesoleva uurimustöö leitud aedmaasika osakaal moodustavat 20%. Aedmaasika õied toodavad 0,6-0,8 mg nektarit, mille suhkrusisaldus jääb vähemikku 26-30% ning 0,6-1,7 mg õietolmu (Free 1993: 427). Roosõielise taimena on tema õietolm küll toitainerikas (Spulber *et al.* 2017: 5), kuid samas aedmaasika avatud õied on kättesaadavad paljudele tolmeldajatele (Free 1993: 427). Korjetaimede mitmekesistamine annab kimalastele võime kiiresti reageerida toidu kvaliteedi muutustele (Goulson 2002: 268-269).

Alternatiivsete toidutaimede vaatlusel erinevates maakasutustüüpides selgus, et kimalaste korjebaas on väga mitmekesine. Sarnaselt eelmiste uuringutega (Kera 2014: 37; Bontšutšnaja 2016: 29) korjati enamikus liblikõieliste, valge iminõgese, ristõieliste ja roosõieliste õietolmu. Laialdaselt levinud liblikõieliste õietolmu eelistus kimalastel võib olla tingitud sellest, et õietolm on kvaliteetsem oma kõrge valgusisalduse tõttu (Hülsmann *et al.* 2015: 767). Liblikõieliste hulka kuuluvad aasistik ja valge ristik meelitavad kimalasi enda õitele tänu oma suurele nektari sisaldusele. Lühemasuistele kimalastele meeldib seevastu külastada just valge ristikut (Ishii 2013: 604), kuna tema õiepõhi on madalam ning see võimaldab neil nektarit lihtsamini kätte saada. Katses kasutatud kimalased *B. terrestris* on just lühemate suiste pikkusega, mistõttu on valge ristik neile väga sobiv korjetaim. Liblikõieliste sugukonda kuuluv harilik hiirehernes moodustas samuti suure osakaalu

liblikõieliste hulgas ning on atraktiivne oma kõrge suhkrusisalduse tõttu (Riis, Karise 2015: 54, 84-85), kuid see on pigem hõredalt kasvav taim ega moodusta tavaliselt väga suuri alasid, mis kimalasi meelitama hakkaksid.

Liblikõielistest esindatud läätspuu ja lupiin on kimalaste jaoks samuti ligimeelitav toiduallikas ning nende esinemine kimalaste korjeterriitoriumi ulatuses võib mõjutada aedmaasika õietolmu korjet. Näiteks kui lupiin õitseb aedmaasika põllu läheduses massiliselt, siis võib tekkida olukord, kus kimalased võivad asuda aktiivsemalt külastama lupiini (Arnold *et al.* 2014: 880). Lupiini atraktiivsust nähti ka antud katses just aedades, kus lupiin moodustas suure osa kimalaste korjest, teistes kooslustes jäi lupiini osakaal väiksemaks. Hekitaimena kasvatav läätspuu on kimalaste korjes samuti oluline taimeliik, kuna pakub väärtuslikku nektari ja õietolmu (Rohtla 2010: 8; Riis, Karise 2015: 39), kuid võib oluliselt mõjutada aedmaasika õietolmu korjet. Läätspuu õietolmu sisaldus metsa maakasutustüübis on oletatavasti põhjustatud inimeste asutuse lähedusest ja on pigem, sõltumatu maakasutustüübist.

Ristõieliste sugukond moodustas antud katses pigem tagasihoidlikuma osakaalu kimalaste õietolmu korjes, eriti arvestades seda, et ristõieliste hulka on arvestatud ka taliraps. Kuigi rapsi peetakse tolmeldajate jaoks ligimeelitavaks toidutaimeks, korjasid kimalased aedmaasika õietolmu kõikides maastikutüüpides aktiivselt (tavapäraselt jääb Eestis aedmaasika osatähtsus korjes 20% lähistele: Karise *et al.* 2016: 2). Talirapsi õietolmu madal osakaal oli tingitud sellest, et rapsi esines aedmaasika põldude läheduses vähe ning teiseks õitsemisaeg oli enamasti möödas. Samas on põldudel kasvatav taliraps kimalaste jaoks vajalik toiduallikas (Marja *et al.* 2018: 2), kuna pakub kimalastele toiduressurssi kevadel, pere kasvamise olulisel ajal ning võib osutada määravaks, kui alal olevate toiduressursside kättesaadavus on kesine.

Kimalased korjasid ka valge iminõgese õietolmu, mis on suure levialaga ja atraktiivne toidutaim, millelt meemesilased võiksid korjata meesaagi 191 kg/ha, mistõttu seda peetakse väga heaks meetaimeks (Sulborska *et al.* 2014: 32). Tema õied sisaldavad rikkalikult nektarit ja õietolmu, mis ei ole teistele tolmeldajatele nii kergesti kättesaadav ning sellest tingitult võib osutada konkureerivaks korjetaimeks, kuna tema õitsemisaeg on enam-vähem sama, mis aedmaasikal (Riis, Karise 2015: 49). Valge iminõges kasvab enamasti väiksemate laigukestena tee või põlluservades või prahipaikades umbrohuna ning vajab toitaineterikast mulda, mistõttu on tema levik regiooniti erinev.

Kimalaste õietolmu korjes moodustasid märkimisväärse osa ka roosõielised. Üldiselt on roosõieliste taimede õietolmu toitainete sisaldus kõrge (Spulber *et al.* 2017: 5) ning seetõttu neid ka sageli eeslitatakse. Tegemist on äärmiselt liigirikka taimesugukonnaga ning katsealadel võis leiduda erinevad õitsvaid viljapuid, näiteks hilisemaid õunapuudesorte kui ka ilupuid. Roosõielised on tolmeldajatele atraktiivsed toidutaimed, kuna nende õied on madalad õiepõhjaga ning nektar on kergesti kättesaadav, mis meelitab neid õisi rohkelt külastama (Riis, Karise 2015: 83).

Väiksema osakaalu kimalaste õietolmu korjes moodustasid sarikalased, kanarbikulised ning kassitapp, kuigi oma laia leviala tõttu võivad eelnevalt nimetatud liigid mõningatel juhtudel mõjutada tolmeldajate huvitatust aedmaasika külastamises. Kanarbikulised on enim levinud metsaaladel ning ka antud katses selgus, et kanarbikuliste õietolmu oli enim korjatud metsadest, kuid mõnevõrra ka heterogeenses maakasutustüübis.

Käesoleva uurimustöö alusel on kõige mitmekülgsem toiduressursi valik metsades ja heterogeenses maastikus. Kuigi need on toidutaimede valiku poolest mitmekesised, võib seal taimestik kimalaste jaoks olla toiteväärtuste poolest kesine või väärtuslikud taimeliigid olla vähe esindatud. Seega käivad nad erinevatel taimedel, korjates igaühel väiksema koguse toitu ning kulutades selleks rohkem energiat kui suurte toitumisalade kasutamisel. Just aia ja põllu maakasutustüübi puhul on näha, et nad külastavad palju õisi ühest taimeliigist. Vaatamata sellele, kas nad külastavad suurema osakaaluga ühe liigi õisi või koguvad õietolmu erinevatelt taimedelt väikeses koguses, näitavad antud katse tulemused, et kimalased suudavad end piisavalt kõigis maakasutustüüpides toiduga varustada.

Hinnates aedmaasika istandike suuruse mõju aedmaasika atraktiivsusele kimalaste jaoks selgus, et mõju kimalaste korjele puudus. Näiteks (Crowther *et al.* 2014: 2-4) leidis, et *B. terrestris* korjeterritooriumis olevad maastikuelemendid mõjutavad tema korjet kõige enam kuni 250 m raadiusega alas. Seetõttu ei muuda ka aedmaasika põllu suurus selle taimeliigi osakaalu kimalaste korjes. Samas tuleb arvestada, et erinevate aedmaasika sortide kasvatamine aedmaasika tootmispõllul on tõhusam, meelitades kimalasi rohkem ligi, tänu erineval ajal õitsevatele sortidele. On nähtud, et aedmaasika õied on kimalastele õitsemise alguses atraktiivsemad, kui keskpäigas ja lõpus (Dreyersdorff 2013: 34-35; Jegi 2015: 30). Mida enam on istandikus erinevaid sorte, seda suurema tõenäosusega püsivad kimalased aedmaasikal. Juhul kui soovitakse kaubanduslikult toodetuid kimalasi põllul kasutada aedmaasika saagikuse suurendamise eesmärgil, tuleks kimalasperede paigutamisel arvestada

aedmaasika õitsemise faasiga ning sordi tolmeldamise nõudest (Klatt *et al.* 2014: 2; Karise *et al.* 2014: 49). Kuna sõltumata istandiku suurusest, külastavad kimalased väga mitmekesiseid taimi, tuleks arvestada, et mitmekülgne toiduvalik on kimalastele vajalik (Goulson 2010: 124). Seega tuleks väga suurte põldude puhul arvesse võtta asjaolu, et istandiku keskele paigutatud kimalasperede areng võib jääda tagasihoidlikumaks, kuna puuduvad teised vajalikud toidutaimed.

Tolmeldajate loendamise tulemused näitasid, et aedmaasika istandikus ja selle lähiümbruses loendatud ülejäänud tolmeldajate arv ei erinenud oluliselt erinevate maakasutustüüpide vahel ning samuti ei mõjutanud konkureerivate tolmeldajate osakaal kimalaste aedmaasika õietolmu korjet. Ka Connelly *et al.* (2015: 55) uuringus saadi, et meemesilased külastasid võrreldes varasemate uuringutega aedmaasika õisi üllatavalt vähe. See võib tingitud olla sellest, et igal liigil on välja kujunenud oma toidutaimede eelistused, millest tulenevalt võivad mesilaslaadsete toidutaimede eelistused aastati varieeruda ning see võib põhjendada antud katse tulemusi.

Kimalaste tarude kaalu analüüsi tulemused näitasid (kõikidel peredel positiivne juurdekasv), et maakasutustüübid toetavad piisavalt *B. terrestris* perede juurdekasvu, mis tuleneb sellest, et siinne toidubaas on neile piisavalt mitmekesine ning sobiv kimalaste arenguks. Parmentier *et al.* (2013: 9) uuringus toodi samuti välja, et erinevad maastikutüübid toetavad kimalaste arengut, kuna pakuvad neile vajalikku toiduressurssi. Samuti võib seda mõjutada asjaolu, et kimalastel on kiire õppimisvõime, millest tulenevalt on nad võimelised piiratud ressursi korral leidma endale tasuvama ala (Goulson 2010: 95; Raine, Chittka 2012: 2). Saadud tulemuste järgi võib väita, et Eestis olevad ja katses valitud erinevad maakasutustüübid ja sealt leiduvad toiduressursid toetavad kimalaste taru kaalu juurdekasvu ja seega ka pere arengut.

Samuti leiti, et aedmaasika õietolmu korje ei mõjutanud oluliselt pere juurdekasvu, kuid teiste konkureerivate tolmeldajate esinemine erinevates maakasutustüüpides mõjutas. Katse tulemused näitasid, et teiste konkureerivate tolmeldajate osakaal on suurem metsades ja heterogeenses maakasutustüübis, mistõttu võib tekkida olukord, kus konkurendid tõrjuvad kimalased neist maakasutustüüpidest välja, mis võib mõju avaldada kimalaspere juurdekasvule, kuna eelnimetatud maakasutustüübid pakuvad kimalastele vajalikku toiduressurssi. Samas aedade ja põldude puhul on konkurents väiksem, mis soodustab pere juurdekasvu. Sellest tulenevalt võib järeldada, et tagamaks kimalastarude pikemat

töövõimet, oleks efektiivsem nende paigutamine just aedadesse ja põllu aladele, kus konkurents on väiksem ja nõudlus lisatolmeldajate järgi suurim.

KOKKUVÕTE

Aedmaasikas on kultuur, mille kogutoodang on jätkuvalt tõusutrendis, kuid tolmeldajate arvukuse vähenemise tõttu tekib olukord, kus ebapiisav tolmeldamine ei pruugi tagada aedmaasika saagi kõrget kvaliteeti. Peale selle ei pruugi looduslikke ja majandatud tolmeldajaid olla piisavalt suurte tootmiste puhul ning sellest tulenevalt võetakse ühe rohkem kasutusele lisatolmeldajaid, kellest laialt kasutusele on võetud kimalased. Lisatolmeldajate kasutamine aedmaasika põldudel parandab viljade omadusi ning mõnede sortide puhul võib ka suurendada saagikust, kuid varasemalt puudub teadmine selle kohta, millised toidutaimi kimalased erinevates ümbritsevates maakasutustüüpides korjavad. Seetõttu oli vajalik uurida, kas aedmaasika atraktiivsust kimalasperedele on mõjutatav maakasutustüüpide poolt.

Antud magistritöö oli kirjutatud välikatse tulemuste põhjal, mis viidi läbi 2017. aastal 15 avatud aedmaasika tootmispõldudel Tartu, Viljandi, Põlva ja Võru maakonnas. Eesmärkideks oli välja selgitada aedmaasika atraktiivsust kimalaste korjetaimena antropogeensetes, looduslikes ja poollooduslikes maakasutustüüpides; vaadata, millised alternatiivsed toidutaimed moodustavad kimalaste õietolmukorjest aedmaasika õitsemisperioodil ning hinnata eelnimetatud maakasutustüüpide toetusvõimet kimalaste pere arengul. Töös püstitatud hüpoteesid olid järgmised: põllule viidud kimalased kogusid aedmaasika õietolmu maakasutustüüpides erinevalt; aedmaasikas on piisavalt atraktiivne taim kimalastele; aedmaasika põllu suurus mõjutab aedmaasika õietolmu osakaalu kimalaste korjes ning erinevate maakasutustüüpides esinev toidutaimede valik ja konkureerivate tolmeldajate hulk mõjutavad kimalaste pere arengut.

Teostatud katses leiti, et aedmaasika õietolm moodustas viiendiku kimalaste korjest üle kõikide katsealade ning erinedes oluliselt erinevates maakasutustüüpides, seega esimene hüpotees leidis kinnitust. Kimalased kogusid aedadest 24,9%, heterogeensetes koosluses 21,3%, põldudelt 3,4% ning metsadest 17,0% aedmaasika õietolmu, mis omakorda näitab, et aedmaasikas on kimalaste jaoks atraktiivne toidutaim, mistõttu ka teine hüpotees pidas paika. Samas võivad läheduses asuvad alternatiivsed toidutaimed mõjutada kimalaste huvitavust aedmaasika õite külastamises. Selgus, et peale aedmaasika korjasid kimalased

rohkelt liblikõieliste, ristõieliste, roosõieliste ja vale iminõgese õietolmu. Toidutaimede õietolmu osakaalu analüüsimisel erinevates maakasutustüüpides saadi, et kõige mitmekesisem toidubaas oli metsades ja heterogeenses maakasutustüübis. Samas põldudel ja aedades leiduvad toidutaimed võivad kimalaste jaoks olla enam tasuvamad, pakkudes neile vajalikke toitained. Seetõttu kimalased korjasid nendes maakasutustüüpides eri taimeliike vähem, kuid suurema osakaaluga.

Uurides aedmaasika põllu suuruse mõju aedmaasika külastusele kimalaste poolt saadi, et põllu suurus ei mõjutanud kimalaste aedmaasika õietolmu korjet. Seega püstitatud hüpotees põllu suuruse ja aedmaasika õietolmu osakaalu vahel ei leidnud kinnitust. Samas kui soovitakse tõsta aedmaasika saagikust, tuleks arvestada kimalasperede paigutusel tootmispõllu suurust, tolmeldamise nõudeid ning samuti võib kasuks tulla erinevate aedmaasika sortide kasvatamine põllul.

Kimalaste perede kaalu vahe analüüsi tulemusena saadi, et sõltumatu maakasutustüübiga toetab ta perede kaalu arengut, siinjuures teised konkureerivad tolmeldajad mõjutavad kimalasperede kaalu juurdekasvu. Maakasutustüüpide statistiliselt oluline mõju puudus, mis on tingitud siinsest mitmekesisest toiduvalikust maakasutustüüpides, samuti ei mõjutanud pere juurdekasvu aedmaasika osatähtsus. Nende tulemuste alusel võib väita, et viimane hüpotees on leidnud osaliselt kinnitust.

Lõputöös esitatud eesmärgid saavutati ning töös püstitatud hüpoteesid sai kontrollitud. Läbiviidud katse põhjal võib öelda, et kimalased kogusid aedmaasika õietolmu kõigist maakasutustüüpidest, mis näitab, et kimalaste jaoks on taim piisavalt atraktiivne. Kuid lisatolmeldajate kasutamisel tuleb arvestada kimalaste käitumisharjumustega, nende toidutaimede eelistustestega kui erineva sordi õitsemisperioodi alguse ja kestvusega.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Abrol, D. P., Gorka, A. K., Ansari, M. J., Al - Ghamdi, A., Al-Kahtani, S.** (2017). Impact of insect pollinators on yield and fruit quality of strawberry. — *Saudi Journal of Biological Sciences*.
- Ahmad, M., Bodlah, I., Mehmood, K., Sheikh, U.A.A., Aziz, M.A.** (2015). Pollination and Foraging Potential of European Bumblebee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) on Tomato Crop Under Greenhouse System. — *Pakistan Journal of Zoology*. Vol. 47(5), pp 1279-1285.
- Akula, R., Ravishanker, G.A.** (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. — *Plant Signaling and Behavior*. Vol. 6(11), pp 1720-1731.
- Arnold, S.E.J., Idrovo, M.E.P., Arias, L.J.L., Belmain, S.R., Stevenson, P.C.** (2014). Herbivore Defence Compounds Occur in Pollen and Reduce Bumblebee Colony Fitness. — *Journal of Chemical Ecology*. Vol. 40(8), 878-881.
- Avarguès-Weber, A., Lachlan, R., Chittka, L.** (2018). Bumblebee social learning can lead to suboptimal foraging choices. — *Animal Behaviour*. Vol. 135, pp 209-214.
- Balfour, N.J., Garbuzov, M., Ratnieks, F.L.W.** (2013). Longer tongues and swifter handling: why do morebumble bees (*Bombus* spp.) than honey bees (*Apis mellifera*) forage on lavender (*Lavandula* spp.)? — *Ecological Entomology*. Vol. 38(4), pp 323-329.
- Baron, G. L., Jansen, V.A.A., Brown, M.J.F., Raine, N.E.** (2017). Pesticide reduce bumblebee colony initiation and increases probability of population extinction. — *Ecology and Evolution*. Vol. 1, pp 1308-1316.
- Bertazzini, M., Forlani, G.** (2016). Intraspecific Variability of Floral Nectar Volume and Composition in Rapeseed (*Brassica napus* L. var. *oleifera*). — *Frontiers in Plant Science*. Vol. 7, pp 1-13.
- Blitzer, E.J., Dormann, C.F., Holzschuh, A., Klein, A - M., Rand, T.A., Tscharnkte, T.** (2012). Spillover of functionally important organism between managed and natural habitats. — *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol 146(1), pp 34-43.
- Bontšutšnaja, A.** 2016. Tunnelkasvuhoone mõju kimalaste korjekäitumisele ja aedmaasika (*Fragaria x ananassa* Duch.) saagi kujunemisele. Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu. 45 lk.

- Carvell, C., Bourke, A.F.G., Dreier, S., Freeman, S.N., Hulmes, S., Jordan, W.C., Redhead, J.W., Sumner, S., Wang, J., Heard, M.S.** (2017). Bumblebee family lineage survival is enhanced in high-quality landscapes — *Nature*. Vol. 543, pp 547-549.
- Choi, H.G., Moon, B.Y., Kang, N.J.** (2015). Effects of LED light on the production of strawberry during cultivation in a plastic greenhouse and in a growth chamber. — *Scientia Horticulturae*. Vol. 189, pp 22-31.
- Connelly, H., Poveda, K., Loeb, G.** (2015). Landscape simplification decreases wild bee pollination services to strawberry. Vol. 211, pp 51-56.
- Crecente-Campob, J., Nunes-Damacenoac, M., Romero-Rodrígueza, M.A., Vázquez-Odériza, M.L.** (2012). Color, anthocyanin pigment, ascorbic acid and total phenolic compound determination in organic versus conventional strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch, cv Selva). — *Journal of Food Composition and Analysis*. Vol. 28(1), pp 23-30.
- FAOSTAT. (2018). Crops. (andmed uuendatud 2017).— <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (23.01.2018).
- Darnell, R., Kirschbaum, D.S., Cantliffe, D.J., Chandler, C.K.** (2003). The Physiology of Flowering in Strawberry. — *Horticultural reviews*. Vol 28, pp 326-333.
- Diaz-Forero, I., Kuusemets, V., Mänd, M., Liivamägi, A., Kaart, T., Luig, J.** (2011). Effects of Forest Habitats on the Local Abundance of Bumblebee Species: a Landscape-scale Study. — *Baltic Forestry*. Vol. 17(2), pp 235-242.
- Dreyersdoff, G.** 2013. Konkureerivate toidutaimede mõju aedmaasika (*Fragaria x ananassa* Duch.) hakkhallituse (*Botrytis cinerea* Pers.) biotõrjes karukimalaste (*Bombus terrestris* L.) ja meemesilaste (*Apis mellifera* L.) näitel. Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu. 70 lk.
- Eesti Aiandusliit. (2018). Eesti puuvilja- ja marjakultuuride soovitussortiment 2013. [veebileht] http://www.aiandusliit.ee/files/SOOVITUSSORTIMENT_2013_meedia_tabel.pdf (15.04.2018).
- Fouks, B., Michael, H., Lattorff, G.** (2011). Recognition and Avoidance of Contaminated Flowers by Foraging Bumblebees (*Bombus terrestris*). — *PLoS ONE*. Vol. 6(10): e26328.
- Foulis, E.S.J., Goulson, D.** (2014). Commercial bumble bees on soft fruit farms collect pollen mainly from wildflowers rather than the target crops. — *Journal of Apicultural Research*. Vol 53(3), pp 404-407.
- Foster, G., Bennett, J., Sparks, T.** (2017). An assessment of bumblebee (*Bombus* spp) land use and floral preference in UK gardens and allotments cultivated for food. — *Urban Ecosystems*. Vol 20(2), pp 425-434.
- Free, J.B.** (1993). Insect Pollination of Crops. 1. ed., Academic Press, London, pp 687.
- Garbutt, C., Henwood, W.D., Gilfedder, L.A.** (2017). Global plight of native temperate grasslands: going, going, going? — *Biodiversity and Conservation*. Vol. 26(12), pp 2911-2932.

- Garbuzov, M., Ratnieks, F.L.W.** (2014). Quantifying variation among garden plants in attractiveness to bees and other flower-visiting insects. — *Functional Ecology*. Vol. 28(2), pp 364-374.
- Garratt, M.P.D., Breeze, T.D., Jenner, N., Polce, C., Biesmeijer, J.C., Potts, S.G.** (2014). Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. — *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 184, pp 34-40.
- Giampieri, F., Alvarez-Suarez, J.M., Mazzoni, L., Romandi, S., Bompadre, S., Diamanti, J., Capocasa, F., Mezzetti, B., Quiles, J.L., Ferreiro, M.S., Tulipani, S., Battino, M.** (2013). The potential impact of strawberry on human health. — *Natural Product Research*. Vol. 27(4-5), pp 448-455.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, J.L., Mezzetti, B., Battino, M.** (2011). The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health. — *Nutrition*. Vol. 28(1), pp 9-19.
- Crowther, L.P., Hein, P.-L., Bourke, A.F.G.** (2014). Habitat and Forage Associations of a Naturally *Bombus hypnorum*. — *PLoS ONE*. Vol. 9(9): e107568.
- Goulson, D.** (2010). Bumblebees behaviour, ecology, and conservation. 2nd ed., University press, Oxford. Chapter 3.
- Goulson, D., Hughes, W., Derwent, L., Stout, J.** (2002). Colony growth of the bumblebee, *Bombus terrestris* in improved and conventional agricultural and suburban habitats. — *Oecologia*. Vol. 130(2), pp 267-273.
- Graystock, P., Goulson, D., Hughes, W.O.H.** (2014). The relationship between managed bees and the prevalence of parasites in bumblebees. — *PeerJ*.
- Grünwald, B.** (2010). Is Pollination at Risk? Current Threats to and Conservation of Bees. — *Igenta Connect*. Vol. 19(1), pp 61-67.
- Hagen, M., Wikelski, M., Kissling, D.** (2011). Space Use of Bumblebees (*Bombus spp.*) Revealed by Radio-Tracking. — *PLoS ONE*. Vol. 6(5): e19997.
- Hamdan, K.** (2015). Bumblebees — What We Should Know About Them. — *Bee Word*. Vol 88(4), pp 84-86.
- Hanley, N., Breeze, T.D., Ellis, C., Goulson, D.** (2015). Measuring the economic value of pollination services: Principles, evidence and knowledge gaps. — *Ecosystem Services*. Vol. 14, pp 124-132.
- Hatfield, R., S. Jepsen, E. Mader, S. H. Black, and M. Shepherd.** (2012). Conserving Bumble Bees. Guidelines for Creating and Managing habitat for America's Declining Pollinators. pp 33. Portland.
- Henning, E.I., Ghazoul, J.** (2011). Plant-pollinator interactions within the urban environment. — *Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics*. Vol. 13(2), pp 137-150.

- Heinsoo, K., Melts, I., Sammul, M., Holm, B.** (2010). The potential of Estonian semi-natural grasslands for bioenergy production. — *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 137(1-2), pp 86-92.
- Herbertsson, L., Lindström, S.A.M., Rundlöf, M., Bommarco, R., Smith, H.G.** (2016). Competition between managed honeybees and wild bumblebees depends on landscape context. — *Basic and Applied Ecology*. Vol. 17(7), pp 609-616.
- Herbertsson, L., Rundlöf, M., Smith, H.G.** (2017). The relation between oilseed rape and pollination of later flowering plants varies across plant species and landscape contexts. — *Basic and Applied Ecology*. Vol. 24, pp 77-85.
- Holzschuh, A., Dainese, M., González-Varo, J.P., Mudri-Stonj  , S., Riedinger, V., Rund  f, M., Scheper, J., Wickens, J.B., Wickens, V.J., Bommarco, R., Kleijn, D., Potts, S.G., Roberts, S.P.M., Smith, H.G., Vil  , M., Vuji  , A., Steffan-Dewenter, I.** (2016). Mass-flowering crops dilute pollinator abundance in agricultural landscapes across Europe. — *Ecology Letters*. Vol. 19(10), pp 1228-1236.
- Horth, L., Campbell, L.A.** (2017). Supplementing small farms with native mason bees increases strawberry size and growth rate. — *Journal of Applied Ecology*. Vol. 55(2), pp 591-599.
- H  lsmann, M., Wehrden, H., Klein, A.-M., Leonhardt, S.D.** (2015). Plant diversity and composition compensate for negative effects of urbanization on foraging bumble bees. — *Apidologie*. Vol. 46(6), pp 760-770.
- Ishii, H.S.** (2013). Community-dependent foraging habits of flower visitors cascading indirect interactions among five bumble bee species. — *Ecological Research*. Vol. 28(4), pp 603-613.
- Ilus, L.** (1988). Maasikas. Tallinn: Valgus. 160 lk.
- Jani  ov  , M., Michalcov  , D., Bacaro, G., Ghisla, A.** (2014). Landscape effects on diversity of semi-natural grasslands. — *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 182, pp 47-58.
- Jegi, A.** 2013. Aedmaasikas (*Fragaria x ananassa*) kimalaste (*Bombus terrestris* L.)   ietolmu korjes. Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu. 45 lk
- Karise, R., Muljar, R., Mänd, M.** (2014). Entomovektortehnoloogiast tuleneva lisatolmeldamise ja hakkhallituse tõrjumise efektiivsus aedmaasika sortidel 'Polka' ja 'Sonata'. — *Teaduselt mahep  llumajandusele*. /Koost. L. Metspalu., A. Luik. Tartu: Ecoprint, lk 48-50.
- Karise, R., Dreyersdorff, G., Jahani, M., Veromann, E., Runno-Paurson, E., Kaart, T., Smagghe, T., M  nd, M.** (2016). Reliability of the entomovector technology using Prestop-Mix and *Bombus terrestris* L. as a fungal disease biocontrol method in open field. — *Scientific Reports*.
- Kera, K.** 2014. Meemesilaste *Apis mellifera* L. ja karukimalaste *Bombus terrestris* L. efektiivsuse v  rdlus preparaadi Prestop Mix siirutajatena aedmaasikal (*Fragaria x ananassa* Duch.). Põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu 71 lk.

- Klatt, B.K., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E., Tschardtke, T.** (2014). Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. — *Proceedings of the Royal Society*. Vol. 281.
- Kraus, F.B., Szentgyörgy, H., Rozej, E., Rhode, M., Maron', D., Woyciechowski, M., Moritz, R.F.A.** (2011). Greenhouse bumblebees (*Bombus terrestris*) spread their genes into the wild. — *Conservation Genetics*. Vol. 12(1), pp 187-192.
- Krizek, B.A., Anderson, J.T.** (2013). Control of flower size. — *Journal of Experimental Botany*. Vol. 64(6), pp 1427-1437.
- Leonard, A. S., Brent, J., Papaj, D.R., Dornhaus, A.** (2013). Floral Nectar Guide Patterns Discourage Nectar Robbing by Bumble Bees. — *PLoS ONE*. Vol. 8(2):e55914.
- Libek, A.V., Eskla, V.** (2012). Maalehe maasikaraamat. Tallinn: Hea lugu. 182 lk.
- Lihoreau, M., Ings, T.C., Chittka, L., Reynolds, A.M.** (2016). Signatures of a globally optimal searching strategy in the three-dimensional foraging flights of bumblebees. — *Scientific Reports*. Vol. 6.
- Lomba, A., Guerra, C., Alonso, J., Honrado, J.P., Jongman, R., McCracken, D.** (2014). Mapping and monitoring High Nature Value farmlands: Challenges in European landscapes. — *Journal of Environmental Management*. Vol. 143, pp 140-150.
- Loydi, A., Eckstein, R.L., Otte, A., Donath, T.W.** (2012). Effects of litter on seedling establishment in natural and semi-natural grasslands: a metaanalysis. — *Journal of Ecology*. Vol. 101(2), pp 456-464.
- Magrath, A., Holzschuh, A., Bartomeus, I., Riedinger, V., Roberts, S.P.M., Rundlöf, M., Vujić, A., Wickens, V.J., Bommarco, R., Gonz'alez-Varo, J.P., Potts, S.G., Smith, H.G., Steffan-Dewenter, I., Vil'a, M.** (2017). Plant-pollinator networks in semi-natural grasslands are resistant to the loss of pollinators during blooming of mass-flowering crops. — *Ecography*. Vol. 41(1), pp 62-74.
- Majewski, J.** (2017). Beekeeping support in the European Union countries. — *Economic Engineering in Agriculture and Rural Development*. Vol. 17(4).
- Marja, R., Viik, E., Mänd, M., Phillips, J., Klein, A - M., Bat'ary, P.** (2018). Crop rotation and agri-environment schemes determine bumblebee communities via flower resources. — *Journal of Applied Ecology*. pp 1-11.
- Melts, I., Heinsoo, K., Nurk, L., Pärn, L.** (2013). Comparison of two different bioenergy production options from late harvested biomass of Estonian semi-natural grasslands. — *Journal of Energy*. Vol. 61, pp 6-12.
- Moyroud, E., Glover, B.J.** (2016). The physics of pollinator attraction. — *New Phytologist*. Vol. 216(2), pp 350-354.

- Mänd, M., Karise, R., Muljar, R., Dreyersdorff, G., Rainmets, R.** (2016). Kuidas kasutada kimalasi taimekaitset? — *Eesti taimekaitse*. /Metspalu, L., Jõgar, K., Veromann, E., Mänd, M. Tartu. Eesti Maaülikool, lk 35-40.
- Myers, P., R. Espinosa, C.S. Parr, T. Jones, G.S. Hammond, and T.A Dewey.** (2017). The Animal Diversity Web [veebileht] <http://animaldiversity.org> (26.01.2018).
- Nayak, G.K., Roberts, S.P.M., Garratt, M., Breeze, D.T., Tscheulin, T., Harrison-Cripps., Vogiatzakis, I.N., Stripe, M.T., Potts, S.G.** (2015). Interactive effect of floral abundance and semi-natural habitats on pollinators in field beans (*Vicia faba*). — *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Vol. 199, pp 58-66.
- Nicolson, S.W.** (2011). Bee Food: The Chemistry and Nutritional Value of Nectar, Pollen and Mixtures of the Two. — *African Zoology*. Vol. 46(2), pp 197-204.
- Ogilvie, J.E., Forrest, J.R.K.** (2017). Interactions between bee foraging and floral resource phenology shape bee populations and communities. — *Current Opinion in Insect Science*. Vol. 21, pp 75-82.
- Parmentier, L., Meeus, I., Cheroutre, L., Mommaerts, V., Louwye, S., Smagghe, G.** (2013). Commercial bumblebee hives to assess an anthropogenic environment for pollinator support: a case study in the region of Ghent (Belgium). Vol 186(4), pp 2357-2367.
- PM060: Viljapuu- ja marjaaiad maakonna järgi. (andmed uuendatud 23.01.2018). — *Eesti Statistika andmebaas*. <http://pub.stat.ee/> (06.05.2018).
- Poling, E.B.** (2012). Strawberry Plant Structure and Growth Habit. [veebileht] <http://www.hort.cornell.edu/expo/proceedings/2012/Berries/Berry%20Plant%20Structure%20Poling.pdf> (18.03.2018).
- Potts, S.G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H.T., Aizen, M.A., Biesmeijer, J.C., Breeze, T.D., Dicks, L.V., Garibaldi, L.A., Hill, R., Settele, J., Vanbergen, A.J.** (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. — *Nature*. Vol. 540, pp 220-229.
- Raine, N.E., Chittka, L.** (2012). No Trade-Off between Learning Speed and Associative Flexibility in Bumblebees: A Reversal Learning Test with Multiple Colonies. — *PLoS ONE*. Vol. 7(9):e45096.
- Redhead, J.W., Dreier, S., Bourke, A.F.G., Heard, M.S., Jordan, W.C., Sumner, S., Wang, J., Carvell, C.** (2016). Effects of habitat composition and landscape structure on worker foraging distance of five bumble bee species. — *Ecological Applications*. Vol 26(3), pp 726-739.
- Riedinger, V., Renner, M., Rundlöf, M., Steffan-Dewenter, I., Holzschuh, A.** (2014). Early mass-flowering crops mitigate pollinator dilution in late-flowering crops. — *Landscape Ecology*. Vol. 29(3), pp 425-435.
- Riigi ilmateenistus. [veebileht]
<https://www.ilmateenistus.ee/ilm/ilmavaatlused/vaatlusandmed/kaart/> (04.01.2018)

- Riis, M., Karise, R.** (2015). Mesilaste korjetaimed ja taimede tolmeldamine mesilaste abil. Tallinn: Eesti Mesinike Liit. 103 lk. [on-line] e-rmt (17.01.2018).
- Rohtla, A.** (2010). Eesti põhilised korjetaimed. [veebileht] http://2010-2013.mesindusprogramm.eu/sites/default/files/antu_rohtla_13.10.2010_tartu_ams_eesti_pohilised_korjetaimed_pr-7-1.4-9.pdf (28.04.2018).
- Ruedenauer, F.A., Spaethe, J., Leonhardt, S. D.** (2015). How to know which food is good for you: bumblebees use taste to discriminate between different concentrations of food differing in nutrient content. — *Journal of Experimental Biology*. Vol. 218, pp 2233-2240.
- Samuoliene', G., Brazaityte', A., Urbonavic'iute', A., Šabajeviene, G., Duchovskis, P.** (2010). The effect of red and blue light component on the growth and development of frigo strawberries. — *Zemdirbyste-Agriculture*. Vol. 97(2), pp 99-104.
- Sanderson, R.A., Goffe, L.A., Leifert, C.** (2015). Time-series models to quantify short-terms effects of meteorological conditions on bumblebee forager activity in agricultural landscapes. — *Agricultural and Forest Entomology*. Vol. 17(3), pp 270-276.
- Sapir, G., Baras, Z., Azmon, G., Goldway, M., Shafir, A., Allouched, A., Sternd, E., Stern, R.A.** (2017). Synergistic effects between bumblebees and honey bees in apple orchards increase cross pollination, seed number and fruit size. — *Scientia Horticulturae*. Vol. 219, pp 107-117.
- Schiestl, F.P., Johnson, S. D.** (2013). Pollinator-mediated evolution of floral signals. — *Trends in Ecology & Evolution*. Vol. 28(5), pp 307-315.
- Spiesman, B.J., Bennett, A., Isaacs, R., Gratton, C.** (2017). Bumble bee colony growth and reproduction on local flower dominance and natural habitat area in the surrounding landscape. — *Biological Conservation*. Vol. 206, pp 217-223.
- Spulber, R., Dogaroglu, M., Babeanu, N., Popa, O.** (2018). Physicochemical characteristics of fresh bee pollen from different botanical origins. — *Romanian Biotechnological Letters*. Vol. 23(1).
- Sulborska, A., Dmitruk, M., Konarska, A., Weryszko-Chmielewska, E.** (2014). Adaptations of *Lamium album* L. flowers to pollination by Apoidea. — *Acta Scientiarum Polonorum-Hortorum Cultus*. Vol 13(6), pp 31-43.
- Zurbuchen, A., Landert, L., Klaiber, J., Müller, A., Hein, S., Dorn, S.** (2010). Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover foraging distances. — *Biological Conservation*. Vol. 143(3), pp 669-676.
- Talvi, T., Talvi, T.** (2012). Poollooduslikud kooslused. Kaitse ja hooldus. Viidumäe-Tallinn: AS Ecoprint, 36 lk. [on-line] e-rmt (15.03.2018).
- Tangtorwongsakul, P., Warrit, N., Gale, G.A.** (2017). Effects of landscape cover and local habitat characteristics on visiting bees in tropical orchards. — *Agricultural and Forest Entomology*. Vol. 20(1), pp 28-40.

- Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Rand, T.A., Didham, R.K., Fahrig, L., Bat'ary, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T.O., Dormann, C.F., Ewers, R.M., Früng, J., Holt, R.D., Holzschuh, A., Klein, A.M., Kleijn, D., Kremen, C. Landis, D.A., Laurance, W., Lindenmayer, D., Scherber, C., Sodhi, N., Steffan-Dewenter, I., Thies, C., Putten, W.H., Westphal, C. (2012).** Landscape moderation of biodiversity patterns and processes- eight hypotheses. — *Biological reviews*. Vol. 87(3), pp 661-685.
- Tuohimetsä, S., Hientaranta, T., Uosukainen, M., Kukkonen, S., Karhu, S. (2014).** Fruit development in artificially self- and cross-pollinated strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus idaeus*). — *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B: Soil and Plant Science*. Vol. 64, pp 408-415.
- Uleberg, E., Martinussen, I., Samuelsen, R. (2017).** Effect of comined seasonal coverage on northern production of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch). — *Horticultural Science*. Vol 44(3), pp 148-155.
- Vaudo, A.D., Stabler, D., Patch, H.M., Tooker, J.F., Grozinger, C.M., Wright, G.A. (2017).** Bumble bees regulate their Intake of essential proteiin and lipid pollen macronutrients. — *Journal of Experimental Biology*. Vol. 219, pp 3962-3970.
- Vaudo, A.D., Tooker, J.F., Grozinger, C.M., Patch, H.M. (2015).** Bee nutrition and floral resource restoration. — *Current Opinion in Insect Science*. Vol. 10, pp 133-141.
- Whitehorn, P.R., Tinsley, M.C., Brown, M.J.F., Goulson, D. (2013).** Investigating the impact of deploying commercial *Bombus terrestris* for crop pollination on pathogen Dynamics in wild bumble bees. — *Journal of Apicultural Research*. Vol. 52(3), pp 149-157.
- Viik, E., Mänd, M. (2012).** Eesti kimalased. Tartu: Põllumajandusuuringute Keskus, 44 lk. [on-line] e-rmt (11.07.2017).
- Williams, N.M., Regetz, J., Kremen, C. (2012).** Landscape-scale resources promote colony growth but not reproductive performance of bumble bees. — *Journal of Ecology*. Vol. 93(5), pp 1049-1058.
- Williams, N.M., Ward, K.L., Pope, N., Isaacs, R., Wilson, J., May, E.M., Ellis, J., Daniels, J., Pence, A., Ullmann, K., Peters, J. (2015).** Native wildflower plantings support wild bee abundance and diversity in agricultural landscapes across the United States. — *Ecological Applications*. Vol. 25(8), pp 2219-2131.
- Öckinger, E., Winsa, M., Roberts, S.P.M., Bommarcol, R. (2017).** Mobility and resource use influence the occourrence of pollinating insects in restored seminatural grassland fragments. — *Restoration Ecology*.
- Yadav, S.P., Yadav, S., Sharma, D., Sangwan, N. (2016).** Bumblebees, Life Cycle and their role in Pollination – A Review. — *International Journal of Enhanced Research in Science Technology and Engineering*. Vol. 5(9).

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Mina,

.....,
(sünnipäev pp/kuu/aa)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

.....
.....
.....,

mille juhendaja on

.....
.....,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

allkiri

Tartu,

Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri)

(kuupäev)